ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 20 JUIN 1938.

PRÉSIDENCE DE M. AIMÉ COTTON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès de M. **W. W. Campbell**, Correspondant de l'Académie pour la Section d'Astronomie, survenu le 14 Juin 1938, à Berkeley, Californie.

Notice sur M. Charles-Édouard Guillaume, par M. **Aimé Cotton**.

Charles-Édouard Guillaume était né le 15 février 1861 à Fleurier, dans le Val-Travers. Son père, Édouard Guillaume, était revenu à Fleurier, dont sa famille était originaire, après avoir géré à Londres une maison d'horlogerie. Il avait le goût de la lecture et avait acquis une forte culture scientifique : c'est lui qui fut le premier maître de Charles-Édouard, qui n'entra qu'à 15 ans au Collège de Neuchâtel. Reçu à l'École Polytechnique fédérale de Zürich deux ans après, il étudia avec soin, pendant son séjour à cette École, non seulement les matières du programme, mais les littératures allemande et française. Les *Éloges Académiques* d'Arago, disait-il, avaient exercé sur lui une influence marquée, il estimait que tous les jeunes gens devraient lire et relire ces volumes.

Il n'avait que 22 ans lorsqu'il fut admis au Bureau international des

Poids et Mesures. Il a passé plus de cinquante années de sa vie dans ce Pavillon de Breteuil, où il a poursuivi toute sa carrière. Il travailla d'abord sous la direction de René Benoît. Auprès de cet excellent physicien, Guillaume était à bonne école. Il avait aussi l'exemple de Chappuis, qui faisait alors, avec un soin sans égal, les travaux nécessités par la comparaison du thermomètre à mercure et du thermomètre à gaz. Ch.-Éd. Guillaume, pendant ses premières années de séjour à Breteuil, eut surtout à s'occuper du thermomètre à mercure; c'est à l'issue de ces études qu'il a publié ce *Traité de Thermométrie* qui a répandu parmi les physiciens les méthodes éprouvées et mises au point par le Bureau international.

Guillaume a participé ensuite à la détermination des mètres nationaux. C'était la première, et la plus importante, des tâches assignées au Bureau et M. Pérard a pu dire avec raison que ce travail fondamental marque l'origine de la Métrologie moderne. Dès 1889, le Bureau pouvait présenter à la première Conférence des Poids et Mesures l'ensemble complet des mètres destinés aux différents États, et les vérifications ultérieures ont montré que, si ces premières mesures nécessitaient des retouches aux résultats indiqués en 1889, ces retouches étaient infimes.

Ch.-Éd. Guillaume a pris une part importante dans la mesure de la masse du décimètre cube d'eau. Il s'agissait, comme on sait, de déterminer exactement le sens et la grandeur du très petit écart que le kilogramme déterminé par Lefèvre-Gineau et Fabroni présente avec sa valeur théorique. C'était la méthode directe des contacts qui lui était assignée. Cette méthode paraissait *a priori* devoir conduire à des résultats inférieurs à ceux que pouvaient donner les procédés optiques que d'autres savants avaient eu à appliquer. Cependant, entre ses mains de métrologiste n'ignorant rien des difficultés de son métier, elle a donné finalement un résultat concordant, au millionième près, avec les résultats des mesures interférentielles.

Les Physiciens du Bureau international accueillaient volontiers les visiteurs, et particulièrement les jeunes gens se destinant à l'enseignement ou à la recherche. C'est grâce à cette circonstance que j'ai pu moi-même faire la connaissance de Ch.-Éd. Guillaume, qui devait par la suite m'honorer de son amitié. On voyait bien, lors de ces visites, combien est faux ce préjugé d'après lequel les mesures métrologiques seraient non seulement monotones, mais d'un ordre un peu inférieur. On se persuadait bien vite qu'il faut les mêmes connaissances étendues et variées, la même ingéniosité aussi, pour perfectionner des méthodes déjà éprouvées que

pour travailler des questions nouvelles. D'autre part on ne pouvait se défendre d'admirer ces hommes qui, avec un calme impressionnant, travaillaient pendant longtemps, sans rien publier, jusqu'à ce que parût à la fin le Mémoire dans les *Travaux et Mémoires* du Bureau international.

L'exemple de Ch.-Édouard Guillaume a montré par la suite que parfois un tel labeur est brillamment récompensé par des résultats imprévus et que, en tout état de cause, les applications de la Science à la Technique découlent tout aussi bien de l'étude des parties de la Science travaillées depuis longtemps que de celles des sujets nouveaux et des questions à la mode.

Dès 1890 on avait étudié à Breteuil un ferro-nickel renfermant 24 pour 100 de chrome et que l'on avait créé un an plus tôt aux usines d'Imphy. Or on avait trouvé ce fait remarquable que l'alliage était *plus* dilatable que le fer ou le nickel qui le composaient. Guillaume fut conduit à étudier un autre alliage renfermant un peu plus de nickel (30 pour 100) et à constater ce fait surprenant que ce léger changement dans la composition produisait cette fois un alliage *moins* dilatable que les métaux composants. Il entreprit alors immédiatement une longue étude méthodique des différents ferro-nickels et put tracer enfin une courbe indiquant comment varie la dilatation des ferro-nickels en fonction de la teneur en nickel. Or, vers 36 pour 100, la courbe présente un minimum aigu, l'alliage se dilate dix fois moins que le fer; on peut, en le trempant et l'écrouissant convenablement, faire en sorte qu'il ne se dilate plus : c'est l'invar.

Dès que ces résultats furent communiqués par M. Ch.-Edouard Guillaume dans les *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, l'attention des techniciens fut aussitôt attirée, et toute une série d'applications surgirent de ces mesures purement métrologiques. L'invar, qui ne se dilate pas, sert à faire des étalons de mesure, des tiges de pendule, des télémètres, et ces fils qui servent maintenant à appliquer le procédé de mesure des bases géodésiques institué par Jäderin. Un autre alliage se dilate comme le verre ordinaire et peut se souder avec lui : on put bientôt le substituer au platine pour former les fils d'entrée des lampes à incandescence et réaliser des économies de plusieurs centaines de millions dans la fabrication de ces lampes. Un autre alliage lui a servi à constituer ce « balancier Guillaume » que l'on emploie dans les chronomètres de haute précision pour supprimer complètement le défaut de proportionnalité entre les marches et la température.

Plus tard enfin, Guillaume fit faire un dernier progrès au problème de la

compensation, dans les montres ordinaires, cette fois en trouvant encore un autre alliage dont l'élasticité ne varie pas avec la température, l'*élinvar*.

Ces brillants succès industriels ont fait connaître partout, du grand public, le nom de Charles-Édouard Guillaume, mais déjà ce nom était bien connu des physiciens. Guillaume avait joué un rôle important dans la préparation du Congrès international de Physique de 1900. En 1911, il avait été nommé Correspondant de notre Académie; il ne manqua pas, depuis, de venir aussi régulièrement que possible assister à nos séances. Ses qualités de causeur affable et brillant, ses connaissances étendues et variées, sa mémoire prodigieuse y étaient vivement appréciées.

Plus tard, d'autres honneurs lui vinrent de toutes parts, et en 1920 la découverte de l'invar lui valut le Prix Nobel pour la Physique. Il a eu aussi la joie de voir que son œuvre serait brillamment continuée. Au Bureau international, M. Albert Pérard, l'excellent physicien qui lui a succédé comme Directeur, a déjà réussi à développer encore le rôle de ce centre d'études. D'autre part MM. Chévenard et Portevin ont obtenu de très beaux résultats en étendant ses recherches sur les alliages et en rendant compte, par l'analyse de leurs constituants, de leurs propriétés remarquables.

Charles-Édouard Guillaume, selon son désir, va maintenant reposer à Fleurier. J'adresse à sa veuve, à ses enfants et petits-enfants, l'expression de la profonde émotion que nous éprouvons devant la perte de ce savant qui a si dignement et si glorieusement rempli sa tâche.

SPECTROSCOPIE. — *Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule.* Note de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle prolonge trois Notes présentées sous le même titre le 27 décembre 1937, le 11 avril et le 16 mai 1938 [1].

[1] Je signale des erreurs d'impression gênantes dans les neuf dernières colonnes du tableau XIV de la Note précédente, consacré au spectre infrarouge de la vapeur d'eau. A la page 1427, le titre de la 4ème colonne, $d_1/13 \times 6$, est en réalité le titre de la 5ème colonne et inversement. A la page 1427, et dans les six dernières colonnes, les trois premiers nombres q et résidus, $\mathbf{11}_{+0,8}$, $\mathbf{8,5}_{-0,4}$ et $\mathbf{7}_{-0,4}$ ont été déplacés de la droite vers la gauche de la largeur d'une colonne. Il faut les reporter vers la droite de la même quantité.

Ces Notes et les tableaux XIII et XIV annexés montrent une fois de plus que les fréquences infrarouges ν, classées comme fréquences de rotation et fréquences de vibration, sont reliées à la constante universelle d_1 1062,5 cm^{-1} et au nombre d'électrons activés dans un atome de la molécule par la même formule simple

$$(1) \qquad \nu\, cm^{-1} = q\, d_1 / s' r',$$

q et r' étant des nombres entiers. La fréquence émise est en raison inverse du nombre des électrons activés, et les électrons de l'atome sont activés par anneaux et sous-anneaux. De plus, dans plusieurs spectres, la fréquence de vibration est un multiple de la fréquence ou constante de rotation, et l'on doit conclure que les deux sortes de fréquences sont dues à la même cause ou à des causes similaires.

Ces premiers résultats constituent en réalité une propriété nouvelle des spectres moléculaires et même aussi de la matière. Ils ne sont nullement en désaccord avec les belles théories des spectres moléculaires établies d'un point de vue différent et par des voies tout autres. Dans ma recherche personnelle j'ai écarté autant que possible les idées préconçues; j'ai été guidé uniquement par les faits et leur enchaînement naturel et le but poursuivi a été atteint au moins en partie. Les fréquences ont été rattachées simplement à la structure de la molécule et aux divisions naturelles de ses atomes. Mais plusieurs points restent encore à éclaircir.

A quelles causes doit-on attribuer les différences entre la fréquence de vibration et la fréquence de rotation, qui sont les multiples d'une même fréquence élémentaire? La fréquence de vibration est en général beaucoup plus grande et d'intensité plus forte. Or le tableau XIV de la Note précédente, qui donne le spectre infrarouge de la vapeur d'eau, apporte à première vue une explication. Chaque fréquence de vibration est un harmonique de plusieurs séries arithmétiques de rotation, d'où sa fréquence et son intensité plus grandes. Dans l'absorption, la fréquence la plus intense est égale à $3d_1/2$ et donc est un harmonique de toutes les séries arithmétiques de rotation, très nombreuses avec la vapeur d'eau. Cette propriété curieuse de OH^2 a été retrouvée dans d'autres molécules hydrogénées, il est possible qu'elle soit générale.

Cependant, les molécules dont les fréquences infrarouges de vibration et de rotation ont été obtenues bien séparées et ont été mesurées sont peu nombreuses. Dans la majorité des cas, on a mesuré seulement les fréquences de vibration. Or j'ai analysé au moins 150 de ces dernières

Tableau XV. — *Analyse de fréquences infrarouges de molécules.*

Liste Act. — Nombres s' d'électrons des anneaux (a.) et sous anneaux (a'.) activables dans les atomes des molécules ClNa et ClO^3Na.

	Cl.	*Na.*	*Cl Na.*
1 a'........	5	–	
1 a.........	7	1	8
2 a'........	13	7	20
2 a.........	15	9	24
3 a.........	17	11	28

	Cl.	*O^3.*	*Na.*	*Cl O^3.*	*Cl Na.*	*O^3 Na.*
1 a'........	5	12		17		13
1 a.........	7	18	1	25	8	19
2 a'........	13	24	7	37	20	31
2 a.........	15	24	9	39	24	33
3 a.........	17		11	41	28	35

Molécule et mode d'excitation. Absorption, réflexion ou Raman.	Fréquence de vibration en cm^{-1} et intensité (²).	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$	et résidu.	Nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou le radical et nombre de leurs anneaux.
ClNa cristal, réflexion	ν = FF. 186,6 =	$d_1/11$	−6,6	11 de Na 3 a.
28 électrons, 4 fréquences.		$3\,d_1/17$	−0,9	17 de Cl 3 a.
		$5\,d_1/\ 7\times4$	−3,1	7 de Cl 1 a. et de Na 2 a'.
		$8\,d_1/45$	−2,3	15 de Cl 2 a. et 9 de Na 2 a.
		$7\,d_1/\ 8\times5$	−0,7	8 de Cl^- 1 a. et de Na^+ 1 a.
		⎧ $5\,d_1/28$	−3,1	28 de ClNa 3 a. dans $(ClNa)^2$
		⎨ $4\,d_1/23$	+1,8	23 de $ClNa^+$ 2 a. id. avec ClN
		⎩ $10\,d_1/19\times3$	+0,2	19 de $ClNa^+$ 2 a' id. id.
id.	ν = M. 264,5 =	$d_1/\ 4$	−1,1	tous les multiples de 4
ClNa cristal Raman........	ν = f. 165,0 =	$2\,d_1/13$	+1,5	13 de Cl 2 a'.
		$3\,d_1/19$	−2,8	19 de Cl^{--} 3 a.
		$5\,d_1/\ 8\times4$	−1,0	8 de Cl^- 1 a. et de Na^+ 1 a.
		$7\,d_1/45$	−0,3	9 de Cl^{--} 1 a., de Na^{++} 2 a. et de N
		$8\,d_1/17\times3$	−1,5	17 de Cl 3 a.
	ν = f. 235,0 =	$7\,d_1/\ 8\times4$	+2,6	8 de Cl^- 1 a. et de Na^+ 1 a.
		$10\,d_1/45$	−1,1	15 de Cl 2 a. et 9 de Na 2 a.
ClO^3Na cristal Raman.....	ν = FF. 934,0 =	$37\,d_1/\ 6\times7$	−2,0	12 de O^3 1 a' et 7 de Cl 1 a. et Na 2 a'.
52 électrons, 8 fréquences.		$7\,d_1/\ 8$	+4,3	8 de O 2 a., de Cl^- 1 a. et Na^+ 1 a.
		⎧ $22\,d_1/25$	−1,0	25 de ClO^3 1 a. dans ClO^3 — Na
		⎨ $36\,d_1/41$	+1,1	41 de ClO^3 3 a. id.
		⎩ $29\,d_1/11\times3$	+0,3	11 de Na 3 a. id.
		$7\,d_1/\ 8$	+4,3	8 de O 2 a. et de ClNa 1 a. dans ClNa
		⎧ $51\,d_1/29\times2$	−0,2	29 de $(ClNa)^-$ 3 a. id.
		⎨ $15\,d_1/17$	−3,5	17 de O^{3+} 1 a. et de Cl 3 a. id.
		⎩ $29\,d_1/33$	+0,3	33 de O^3Na 2 a. dans Cl — O^3Na
	ν = F. 126 =	$5\,d_1/\ 6\times7$	−0,5	12 de O^3 1 a'. et 7 de Cl 1 a. et Na 2 a'
		$d_1/\ 8$	−6,8	8 de O 2 a., de Cl^- 1 a. et Na^+ 1 a.
		⎧ $8\,d_1/25$	−1,3	25 de ClO^3 1 a. dans ClO^3 — Na
		⎨ $4\,d_1/11\times3$	−2,8	11 de Na 3 a. dans ClO^3—Na et 33 de O^3N
		⎩ $2\,d_1/17$	+1,0	17 de Cl 3 a. dans Cl — O^3Na

(²) Pour les intensités, FF. annonce une radiation très forte, F. une forte, M. une moyenne, f. une f
et ff. une très faible

molécules avec la formule (1), en recherchant les nombres s', r' et q qui, portés dans la formule, reproduisent chaque fréquence. En général les nombres s' ainsi déterminés sont les nombres d'électrons contenus dans les anneaux et sous-anneaux des atomes ou groupes d'atomes de la molécule, ces derniers nombres étant aisément déduits de la formule chimique de la molécule. De plus on a reconnu des règles simples qui président au choix de ces nombres s' par la molécule.

Les quinze Notes publiées depuis 1930 dans les *Comptes rendus* présentent l'analyse plus ou moins complète de 48 molécules. J'ajouterai l'analyse complète de 4 molécules de complexité croissante, ClNa, ClO^3Na, $Zn(C^2H^5)^2$ et $CH^2.CH.CH.CO$, $N(CH^3)^2$, ce qui fera ressortir les progrès réalisés depuis 1931.

Les deux molécules ClNa, ClO^3Na ont été les premières étudiées et les premières à indiquer les règles annoncées ci-dessus ([3]). La molécule ClNa n'a pas de spectre d'absorption, pas de fréquences de rotation, elle a seulement un beau spectre de réflexion, et deux raies Raman plus faibles (voir le tableau XV ci-contre). Ses deux atomes ont chacun trois anneaux ou groupes d'électrons, et comme chaque atome agit sur les électrons de l'autre, on pouvait s'attendre à deux radiations distinctes. Or, la fréquence principale ν 186 est à la fois un multiple de $d_1/17$ et de $d_1/11$, 17 et 11 étant les nombres d'électrons des trois anneaux de Cl et de Na. Ces deux fractions de d_1 sont égales avec de petits résidus qui disparaissent si les vibrations sont légèrement forcées, ce qui peut être supporté par des atomes fortement unis.

Cependant les molécules encore plus simples telles que C^2, N^2, Cl^2 et ClH ont montré que les premiers anneaux peuvent être excités seuls pour l'émission de la fréquence et le tableau donne la liste Act. de tous les nombres d'électrons activables dans les deux molécules. Les conditions sont les meilleures lorsque les nombres d'électrons activés dans les deux atomes ou groupes d'atomes sont en nombre égal, ce qui, d'après la liste Act., est réalisé avec le nombre 7, d'où la fréquence $5d_1/7 \times 4$ de ν 186. La fréquence suivante $8d_1/45$ offre le même avantage d'une autre manière, 45 étant le plus petit commun multiple de 15 et de 9. L'ionisation intérieure assure aussi pleinement l'égalité des électrons activés, et en plus une liaison plus forte. Cl^- 1 a. et Na^+ 1 a. ont chacun 8 électrons ([4]), et les atomes

([3]) *Comptes rendus*, **191**, 1930, p. 1404; **192**, 1931, p. 521; **198**, 1934, p. 2037.

([4]) Une ionisation double et même triple est possible, mais semble moins probable. D'après la liste Act., Cl^{+++} et Na^{---} ont des nombres s' égaux qui peuvent être

Cl^- et Na^+ ont les 18 et 10 électrons des gaz rares argon et néon, et donc la stabilité maxima. La fréquence correspondante $7\,d_1/8 \times 5$ a le résidu le plus faible et impose sa fréquence aux autres arrangements de la molécule. Les trois autres nombres s' de ν 186 ont été rattachés au dimère $(ClNa)^2$.

Avec la molécule ClO^3Na, le tableau présente tous les nombres s' de la fréquence principale ν 934, et en partie ceux de la fréquence la plus petite ν 126, classée comme forte. Dans la liste Act, les premiers anneaux ont 7 électrons avec Cl et Na, et 6 avec O; et, comme 7 et 6 sont premiers entre eux, le multiple $37\,d_1/6 \times 7$ leur correspond. Si un électron de Na se porte sur Cl, les cinq parties Na^+Cl^- et 3O ont chacune 8 électrons activés, d'où le multiple $7\,d_1/8$. Mais les nombres s', 25 41 et 11 sont en meilleur accord avec la fréquence ν 934; ils correspondent à l'arrangement ClO^3 — Na qui est celui des chimistes. Les deux autres arrangements ClNa — O^3 et Cl — O^3Na sont aussi représentés; mais l'arrangement ClO^3 — Na est le plus fréquent; il impose à l'ensemble sa fréquence particulière ([5]).

Finalement, avec ces molécules comme avec la vapeur d'eau, la fréquence infrarouge de vibration est une harmonique, un multiple de plusieurs fréquences élémentaires qui correspondent à des arrangements divers des électrons et des atomes dans la molécule.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Action des bleus de Nil et de crésyl sur les levures : réduction et excrétion de ces colorants par les levures.* Note de MM. **Alexandre Guilliermond** et **Roger Gautheret**.

Nous avons montré ([1]) que, si l'on place des levures (levure de Springer) dans un milieu (peptone 1 pour 100 et glucose 1 pour 100) additionné de 5^{mg} pour 100 de rouge neutre à pH 7,5, elles accumulent aussitôt le colorant

---

10 ou 12 ou 14. Or, ces mêmes nombres s' se retrouvent dans l'analyse de ν 186. Car $7\,d_1/8 \times 5 = 7\,d_1/10 \times 4 = 21\,d_1/12 \times 10$ et $d_1/7 \times 4 = d_1/14 \times 2$.

([5]) Les fréquences de ClO^3Na sont la moyenne des trois mesures différentes. Voir Kohlrausch, p. 351. Avec une dispersion plus forte, les radiations considérées comme simples, pourraient être multiples, mais vraisemblablement, les conclusions générales seraient les mêmes.

([1]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1520.

dans leurs vacuoles, puis, au bout de 2 heures, elles l'excrètent dans le milieu; ce n'est qu'à ce moment qu'elles se mettent à bourgeonner.

Il était intéressant de connaître le comportement des levures, vis-à-vis des bleus de Nil et de crésyl qui colorent les cellules, entre lame et lamelle. Nous avons d'abord cherché le degré de toxicité de ces colorants et déterminé le rôle du pH dans la croissance des levures. Pour cela, la levure de Springer a été cultivée sur peptone 1 pour 100 et glucose 1 pour 100 ou simplement eau gélosée additionnées de diverses doses de bleu de Nil ou de bleu de crésyl à pH variés. Ceci a confirmé ce que l'un de nous avait déjà constaté : il ne se produit dans ces conditions aucune coloration des levures et les bleus de Nil et de crésyl sont plus toxiques que le rouge neutre. C'est ainsi que le *S. ellipsoideus* n'a pas poussé au delà de 10^{mg} pour 100 de bleu de Nil, alors qu'il a supporté des doses de plus de 50^{mg} pour 100 de rouge neutre. Enfin, ces expériences ont établi que les pH élevés ne font que retarder la croissance. Ils favorisent la pénétration du colorant : plus le pH est élevé, plus le colorant pénètre et, s'il atteint une concentration trop élevée, il amène la mort des cellules. L'élévation du pH en présence du colorant n'augmente la toxicité que si le milieu est très aéré comme c'était le cas dans nos expériences.

Si, au contraire, le milieu est confiné comme dans les expériences dont nous parlerons plus loin (milieux de culture recouverts par de l'huile de paraffine), le bleu de Nil et le bleu de crésyl sont mieux réduits par la levure aux pH élevés qu'aux pH bas ([2]), et le leucodérivé étant moins toxique que la forme oxydée, on constate alors une diminution de la toxicité en élevant le pH. Nous avons complété ces expériences par d'autres, en chambre humide sur le même milieu, afin de vérifier sous le microscope si les levures se comportent comme avec le rouge neutre. Ces cultures ont été faites comparativement avec d'autres analogues, mais additionnées de rouge neutre. Nous avons pu ainsi constater avec le bleu de crésyl, la production, au bout de 15 minutes, d'une faible coloration diffuse de la vacuole qui disparaît au bout d'un quart d'heure; les cellules commencent alors à bourgeonner. Avec le bleu de Nil, les phénomènes sont un peu différents : au bout de 15 minutes, les cellules montrent une coloration diffuse de leur cytoplasme, puis un certain nombre d'entre elles meurent, tandis que les autres demeurent vivantes; la coloration de leur cytoplasme disparaît au

---

([2]) Ce résultat est analogue à celui obtenu par Fromageot (*Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 110).

bout de 30 minutes, remplacée par une accumulation du colorant dans la vacuole : celle-ci persiste 9 heures, puis disparaît à son tour et les cellules décolorées bourgeonnent. Les levures cultivées en présence du rouge neutre accumulent d'abord le colorant dans leurs vacuoles, puis au bout de 9 heures, les cellules se décolorent et se multiplient. Ici le pH élevé a donc eu pour effet de retarder l'excrétion du rouge neutre qui, à pH 7, est achevée en 2 heures.

Il était nécessaire de savoir si les levures réduisent le bleu de Nil et le bleu de crésyl. Pour cela, nous avons fait des cultures en chambres de Ranvier closes, dans de l'eau gélosée additionnée de diverses doses de ces colorants : la décoloration effectuée, nous soulevions la lamelle pour introduire de l'air. Ces expériences ont montré que les levures placées dans ces conditions réduisent ces deux colorants et se recolorent si l'on soulève la lamelle. Ce fait a été confirmé par d'autres expériences faites dans des flacons d'Erlenmeyer privés d'air par une couche d'huile de paraffine placée à la surface du milieu de culture : dans ces conditions, les cellules se développent et sont exemptes de colorants; le leucodérivé se trouve exclusivement dans le milieu de culture et se recolore lorsqu'on l'aère. Les mêmes expériences répétées avec le rouge neutre montrent que le colorant n'est pas réduit. Nous avons même cultivé des levures dans des flacons privés d'air par la trompe à mercure et purgés chaque jour des gaz produits par la levure : dans aucun cas, le rouge neutre n'a été réduit, ce qui s'explique facilement, par son potentiel d'oxydo-réduction.

Ces données étant établies, nous avons répété avec le bleu de Nil les expériences faites antérieurement avec le rouge neutre : 0,5 pour 100 de levure de Springer ont été ensemencés dans une solution de peptone 1 pour 100 et de glucose 1 pour 100 additionnée de 4^{mg} pour 100 de bleu de Nil, à pH 8,8; nous avons prélevé à intervalles réguliers un peu du liquide et une partie des cellules : celles-ci étaient examinées immédiatement au microscope, puis, après avoir enlevé la levure par centrifugation, on dosait le colorant du liquide avec le colorimètre de Meunier. Au bout de 5 minutes, le colorant est fixé exclusivement sur le cytoplasme et le dosage du liquide montre que les cellules ont absorbé presque tout le colorant. Dans l'une de nos expériences, la concentration a passé en 5 minutes de 3,25 pour 100 à 0,40 pour 100. Après 15 minutes, le liquide de la culture est devenu presque incolore. Celui-ci, centrifugé, a donné une solution contenant $1^{mg},20$ pour 100 du colorant. En décantant la levure et en la plaçant dans l'eau, elle se colore immédiatement en l'absence de toute

solution colorée; elle a donc retenu le colorant; celui-ci est localisé dans le cytoplasme et non dans la vacuole. Par conséquent, la levure a absorbé le colorant et l'a transformé en leucodérivé au contact d'une solution contenant encore un peu de colorant. Mais, outre que les levures réduisent le colorant absorbé par leur cytoplasme, elles sécrètent des substances réduisant le colorant dans le milieu. C'est ce que prouve l'expérience suivante : on place des levures dans un milieu à pH 9 renfermant 4^{mg} pour 100 de bleu de Nil (rH de demi-réduction à pH 7, 9,2) et 4^{mg} pour 100 de disulfonate d'indigo à pH 7 (rH de demi-réduction à pH 7, 9,9); ce dernier colorant, n'étant pas retenu par la levure, demeure dans la solution et témoigne du potentiel d'oxydo-réduction de cette dernière. Au début, le bleu de Nil est absorbé, puis réduit par la levure qui devient incolore, tandis que la solution conserve la teinte du disulfonate, ce qui montre que les levures ont le colorant réduit en présence d'une solution dont le potentiel d'oxydo-réduction est plus élevé que la valeur correspondant à la réduction du disulfonate d'indigo. Par la suite, la solution se décolore entièrement; le disulfonate demeure cependant dans le milieu à l'état réduit. En effet, en centrifugeant le liquide de manière à éliminer les levures, il se réoxyde et reprend la teinte du disulfonate. A ce moment, le colorant est donc réduit, non seulement dans la levure, mais dans le milieu. Cette excrétion de substances réductrices est consécutive à la fixation du bleu de Nil sur le cytoplasme, car on n'observe pas la réduction du disulfonate si la solution ne contient pas, en outre, du bleu de Nil. Elle a déjà été constatée par Fromageot, mais dans des conditions telles que les cellules n'absorbaient pas le colorant, ce qui explique que l'auteur n'ait pas observé la réduction de celui-ci dans le cytoplasme.

Au bout de 5 heures, la solution se recolore, mais les levures demeurent incolores. En les prélevant ([3]), on constate qu'elles se colorent instantanément à l'air et que le colorant est localisé cette fois exclusivement dans la vacuole : bientôt il se réduit entre lame et lamelle et il n'est pas possible de faire réapparaître plus de deux fois la coloration par réoxydation; le liquide renferme alors $2^{mg},20$ pour 100 de colorant. Les levures ont donc retenu $1^{mg},05$ de colorant dans leur vacuole. L'expérience suivante, maintes fois répétée, montre bien que le colorant est à l'état de leuco-

([3]) On ne peut ici examiner les cellules après centrifugation car cette opération lèse les cellules sans les tuer, et c'est alors toujours leur cytoplasme qui est coloré.

dérivé dans les vacuoles : si l'on décante le milieu de culture, les levures restent au fond du vase : on verse alors le dépôt dans de l'eau, les cellules s'oxydent aussitôt et leurs vacuoles sont colorées.

Au bout de 9 heures, les cellules prélevées ne montrent plus aucune coloration : la concentration du colorant dans la solution est alors remontée à 3,2 : l'excrétion est donc totale; la légère différence avec la valeur initiale s'explique par la coloration de quelques cellules mortes ou des membranes des cellules vivantes.

L'interprétation de ces faits est simple : au début, il se produit une coloration du cytoplasme : celui-ci retient tout le colorant et les vacuoles ne peuvent donc l'accumuler. Ensuite, le cytoplasme réduit le colorant qui demeure fixé sur lui, tandis que la solution renferme un peu du colorant oxydé ou réduit, suivant le cas, puis le cytoplasme excrète le leucodérivé qui se recolore dans le milieu qui n'est plus aussi réducteur qu'au début. C'est alors que la vacuole peut accumuler le colorant qui était précédemment retenu par le cytoplasme, mais comme la cellule est réductrice, celui-ci se fixe dans la vacuole à l'état de leucodérivé. Finalement, la cellule excrète le colorant accumulé dans sa vacuole et celui-ci s'oxyde dans le milieu. Les cellules se mettent alors à bourgeonner en l'absence de toute trace à l'intérieur de colorant réduit ou non.

Des expériences semblables faites avec le bleu de crésyl ont montré que ce colorant se comporte comme le bleu de Nil, avec cette différence cependant qu'il se fixe surtout dans les vacuoles et moins dans le cytoplasme.

Nos recherches montrent donc que, placées dans des milieux additionnés de bleus de Nil et de crésyl, les levures se comportent comme dans les milieux additionnés de rouge neutre, avec cette différence que ce dernier n'est jamais fixé par le cytoplasme, mais s'accumule uniquement dans la vacuole, et n'est pas réduit dans la cellule : il est excrété sous sa forme oxydée, tandis que les bleus de Nil et de crésyl s'accumulent à la fois dans le cytoplasme et la vacuole et ne sont rejetés à l'extérieur qu'après avoir été réduits, mais l'excrétion n'est pas liée à la réduction, puisque la forme réduite peut exister dans le cytoplasme et dans la vacuole.

ÉVOLUTION. — *La suppression d'organes dans l'évolution d'une série homéotype*. Note de M. **François Grandjean**.

Les observations que je résume ici sont relatives aux Acariens actinochitineux, mais elles tendent à vérifier ou à découvrir des lois phylogéniques générales. Au lieu d'étudier, comme on le fait presque toujours, des organes essentiels, indispensables à la vie, j'ai choisi des organes que l'animal peut perdre, et qu'il perd en effet, sans changer notablement ses conditions d'existence. Tels sont les fissures lyriformes, les verrues génitales, les solénidions, un grand nombre de poils, certains anneaux de l'hysterosoma. Ces organes ne sont pas uniques. Ils forment des séries homéotypes non spécialisées. Je ne parle que d'eux dans cette Note et non pas de tous les organes en général.

La suppression d'un poil, sur le tarse d'un Acarien, n'est pas une affaire d'importance. Elle ne met pas en jeu les grands concepts habituels du transformisme, comme la concurrence vitale, l'adaptation au milieu, la fonction créatrice d'organes, la prédestination à un genre de vie. Et cependant ce poil ne disparaît pas par hasard. Peut-être arriverions-nous, en ne négligeant pas ce petit phénomène, à préciser certains effets de l'évolution régressive et à faire davantage intervenir, dans chaque phylum, des lois directes et fatales, indépendantes du milieu.

Je suppose que l'on ait résolu le très difficile problème de l'homologie, c'est-à-dire que nous sachions reconnaître un organe quelconque dans chaque série, individuellement, sans le confondre jamais avec les organes voisins, même si ces derniers lui sont identiques. Un organe ainsi repéré peut recevoir une notation ou un nom. Dans une série homéotype le nombre des organes diminue ou augmente. Certains organes se spécialisent, certains régressent et d'autres ne changent pas. Si un organe se modifie il peut le faire en une fois, ou par étapes ou encore d'une manière continue. On observe tout cela chez un grand nombre d'Acariens, aussi variés que possible, à chacun des états de leur développement, pour les cinq séries d'organes que je viens d'énumérer. Dans la multiplicité des observations, quelques faits se répètent avec fréquence. Rassemblés, ils s'expriment par les règles suivantes, assez générales pour être appelées des lois :

1° Un organe qui existe à un état déterminé du développement ontogénique existe aux états ultérieurs ;

2° Un organe qui a disparu l'a fait d'une manière brusque et totale sans passer par des stades intermédiaires d'amoindrissement;

3° Le signe avant-coureur de la disparition d'un organe, dans une espèce, est l'absence de cet organe chez quelques individus de l'espèce. Dans un genre c'est l'absence de cet organe chez quelques espèces du genre et ainsi de suite. Un organe disparaît parce que la probabilité de son existence tend vers zéro. Il devient de plus en plus rare, mais il conserve en général jusqu'à la fin sa taille normale et ses autres caractères;

4° Le nombre des organes, dans chaque série homéotype, est en régression phylogénique;

5° Les organes qui disparaissent les premiers, dans l'évolution d'un phylum, sont les organes postlarvaires.

Plusieurs naturalistes ont présenté des aspects de ces lois, mais aucun n'a choisi les Acariens pour champ d'étude, bien que ce champ soit particulièrement favorable. Tout dépend, en effet, de l'étendue des domaines où ces lois s'appliquent, car d'autres lois, complètement différentes, interviennent dans d'autres domaines et y cachent les effets des lois principales. On sait bien, par exemple, que le nombre des organes, dans une série homéotype, peut augmenter, mais ce phénomène progressif est exceptionnel chez les Acariens. Il est spécial à des espèces, ou à des genres, tout au plus à des familles ou à des groupes de familles parentes. On sait aussi qu'il y a des organes, dans une série homéotype, qui s'affaiblissent et deviennent plus petits avant de disparaître, mais le nombre des cas que l'on en peut citer, chez les Acariens, est très faible à l'égard de tous les autres où l'organe disparaît d'un seul coup.

La cinquième loi a des conséquences qui paraissent avoir échappé à plusieurs acarologues. Un adulte peut n'avoir que les poils, les solénidions, les organes lyriformes et les anneaux de sa larve. Il peut avoir perdu toutes ses verrues génitales. On ne verra donc plus, en ce qui concerne ces organes, aucune différence entre lui et ses états immatures. L'Acarien paraîtra plus simple. Il faut comprendre que c'est la marque d'une évolution considérable et ne pas dire, appliquant la loi de parallélisme entre l'ontogénie et la phylogénie, qu'une larve est plus primitive qu'un adulte de sorte que, de deux adultes qui ont des larves analogues, le plus primitif est celui qui ressemble le plus à sa larve. Une larve peut avoir conservé des caractères plus primitifs que son adulte, mais le parallélisme que nous voyons ici est à rebours. Les organes que la phylogénie supprime sont ceux que l'ontogénie fait encore apparaître, au cours du développement postlarvaire, chez les animaux les moins évolués du même phylum.

La cinquième loi peut-elle être précisée? Peut-on dire que, de deux organes, dans une même série homéotype et dans un même phylum, le premier supprimé est celui qui apparaît le plus tard dans le développement postlarvaire? Il en est certainement ainsi dans bien des cas. Voici quelques exemples :

Il n'y a jamais, sur l'hysterosoma, plus de sept paires de fissures lyriformes. La paire la plus tardive (1) actuellement connue est celle que j'ai appelée anale et notée *ian* (2). Quand elle existe c'est seulement chez la tritonymphe et l'adulte. Au contraire, les quatre paires *ia*, *im*, *ip*, *iop*, quand elles existent, se reconnaissent dès la larve. Ce sont les plus précoces. Corrélativement, on constate que la fissure lyriforme *ian* est beaucoup plus rare que les autres et qu'elle n'existe que chez des Acariens primitifs comme *Nanhermannia*, les *Camisiidæ*, *Epilohmannia*, *Parhypochthonius*. Les quatre paires les plus précoces doivent être les plus fréquentes. Elles existent en effet, non seulement chez tous les Oribates, mais très généralement dans d'autres groupes d'Acariens comme les *Rhagidiidæ*, les *Anystidæ*, les *Bdellidæ*, les *Cryptognathidæ*, les *Acaridiæ* libres. Ces quatre paires se voient dès la larve même s'il n'apparaît aucune autre fissure lyriforme pendant le développement.

Les anneaux de l'hysterosoma, soit qu'on les discerne directement, ce qui est exceptionnel, soit qu'ils ne se révèlent que par des rangées transversales de poils (une par anneau), sont au nombre de six chez les larves et de six à neuf chez les adultes (3). Aux six anneaux larvaires peuvent donc s'ajouter, au cours du développement, jusqu'à trois anneaux. Les Acariens à neuf anneaux sont primitifs (*Pachygnathus*, *Terpnacarus*, *Parhypochthonius*). Ceux dont les adultes ne laissent plus voir, d'après leur chæto-

---

(1) Je dirai d'un organe, pour l'époque relative de sa formation ontogénique, qu'il est *tardif* ou *précoce*. S'il s'agit de phylogénie je dirai *nouveau* ou *ancien*. On qualifie souvent de *jeunes* les organes tardifs et j'ai employé moi-même cette expression; mais cela ne va pas sans inconvénient. On est obligé de dire, entre autres choses, pour caractériser l'évolution de certains organes, qu'ils deviennent de plus en plus jeunes et qu'ils disparaissent enfin. Il vaut mieux dire qu'ils deviennent de plus en plus tardifs. Il est naturel qu'un excès de retard les conduise à ne plus apparaître du tout.

(2) *Bulletin du Muséum*, 2e série, 5, 1933, p. 461.

(3) En comptant pour un l'anneau antérieur qui est ordinairement plus gros que les autres et qui n'a pas la même chætotaxie, de sorte qu'il n'est pas sûr qu'il soit simple. Le nombre des anneaux tombe au-dessous de six chez des Acariens très régressifs et très spécialisés, comme les Heterostigmata.

taxie, et surtout d'après la comparaison de cette dernière avec celle de leurs larves et de leurs nymphes, que six anneaux, les mêmes qu'aux autres états du développement, sont des Acariens perfectionnés (*Tydeus*).

Le plus grand nombre de poils adoraux (trois paires) se rencontre chez les adultes et les nymphes de beaucoup de genres d'Acariens, surtout primitifs. Chez les larves de ces genres, de chaque côté, un des poils adoraux manque et c'est toujours l'antiaxial postérieur. Un acarien adulte qui n'a que deux paires de poils adoraux doit donc manquer de poil antiaxial postérieur à tous les états. C'est bien ce que l'on constate. A cet égard une comparaison entre les Oribates supérieurs à deux paires de poils adoraux et les Oribates plus primitifs à trois paires est tout à fait instructive. On ne rencontre aucune exception.

Mais voici un exemple contraire. Le premier tarse des adultes, chez la plupart des Acaridiae libres, a trois solénidions. L'un de ceux-ci (ω_1) apparaît dès la larve, l'autre (ω_2) à la protonymphe et le troisième (ω_3) à la deutonymphe. Le plus tardif est ω_3. C'est lui qui devrait manquer chez les Acaridiae dont les adultes n'ont que deux solénidions au premier tarse (*Chortoglyphus*, *Fusacarus*), mais c'est ω_2 qui manque.

Les exemples contraires sont beaucoup moins nombreux que les autres, dans l'état de nos connaissances. Ils suffisent à montrer, néanmoins, que le retard ontogénique n'est pas seul en cause.

Dans ce qui précède, j'ai pris la larve comme point de départ. Cela s'impose chez les Acariens car les prélarves sont à peine connues et elles sont inhibées si fortement qu'on ne leur voit presque aucun des organes dont je parle ici. Quant au développement embryonnaire on ne sait rien à son sujet. Il serait intéressant de savoir dans quel ordre apparaissent les poils, les solénidions, les fissures lyriformes etc. des larves. On pourrait alors peut-être étendre la cinquième loi et dire : après avoir supprimé les organes postlarvaires l'évolution supprime, dans chaque phylum, les organes les plus tardifs du développement embryonnaire.

THERMODYNAMIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le rendement des machines thermiques*. Note de M. Robert Esnault-Pelterie.

I. *Rendement mécanique des machines thermiques*. — J'appellerai rendement vrai d'une machine thermique produisant du travail le quotient

$$\rho = \mathcal{T}/\mathcal{J} < 1 \tag{1}$$

du travail qu'elle fournit par son travail indiqué; et rendement vrai d'une machine thermique absorbant du travail le quotient

$$\rho = \mathcal{I}/\mathcal{T} < 1 \tag{2}$$

de son travail indiqué par le travail qu'elle fournit réellement.

L'équation

$$\mathcal{T} + \mathcal{D} = \mathcal{I}, \tag{3}$$

où le travail dissipé $\mathcal{D}$ est toujours positif, tandis que les deux autres travaux sont positifs pour la première catégorie de machines et négatifs pour la seconde, entraîne les deux inégalités ci-dessus.

Pour les démonstrations générales j'utiliserai un rendement

$$\mathcal{R} = \mathcal{T}/\mathcal{I}, \tag{4}$$

qui sera égal à ρ dans le premier cas et à $1/\rho$ dans le second.

Pour un cycle représenté en coordonnées (p, v), $\mathcal{I}$ est, en style abrégé, égal à l'aire de ce cycle prise avec son signe.

Pour les différentes portions d'un cycle, il y a lieu de distinguer :

1° Les transformations *avec transvasement* (pompes, moteurs hydrauliques, turbines), dans lesquelles le cycle s'applique à des masses successives du corps en évolution qui sont introduites, transformées, puis expulsées, soit périodiquement, soit continûment.

Pour cette catégorie, le travail indiqué a pour expression

$$\mathcal{I} = -\int v\,dp; \tag{5}$$

2° Les transformations *sans transvasement* (moteurs à explosion ou combustion interne), dans lesquelles *tout se passe comme si* la même masse de corps en évolution parcourait indéfiniment le même cycle sans avoir à être introduite puis expulsée. Pour cette catégorie, le travail indiqué a pour expression

$$\mathcal{I} = +\int p\,dv. \tag{6}$$

Prenant comme exemple les transformations avec transvasement, je considérerai, sur le cycle C parcouru dans le sens positif indiqué par les flèches, le point A de pression maximum et le point B de pression minimum.

Son rendement mécanique sera, d'après la définition (1),

$$\mathcal{R}_C = \frac{\mathcal{T}_{AB} + \mathcal{T}_{BA}}{\mathcal{I}_{AB} + \mathcal{I}_{BA}}, \tag{7}$$

la signification des $\mathcal{J}$ étant ici

$$(8) \qquad \mathcal{J}_{AB} = -\int_{AC'BbaA} v\,dp > 0,$$

$$(8') \qquad \mathcal{J}_{BA} = -\int_{BCAabB} v\,dp < 0.$$

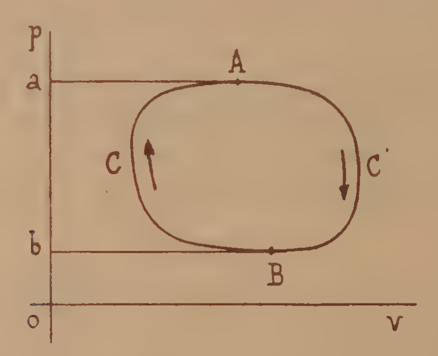
Il est naturel d'admettre que, pour une même machine, on ait

$$(9) \qquad \rho_{AB} = \rho_{BA} = 1 - \varepsilon;$$

si, comme cela arrive fréquemment, ε est assez petit, on pourra écrire, avec une approximation très suffisante pour les besoins de l'ingénieur,

$$(7') \qquad \mathcal{R}_C = \frac{\mathcal{J}_{AB}(1-\varepsilon) + \mathcal{J}_{BA}(1+\varepsilon)}{\mathcal{J}_{AB} + \mathcal{J}_{BA}} = 1 - \varepsilon \frac{\mathcal{J}_{AB} - \mathcal{J}_{BA}}{\mathcal{J}_{AB} + \mathcal{J}_{BA}}.$$

Tenant compte de ce que $\mathcal{J}_{BA}$ est négatif, on voit que la dernière fraction est égale au quotient de la somme des valeurs absolues des $\mathcal{J}$ par leur diffé-



rence; le rendement mécanique d'une machine thermique dépend donc, comme il a été annoncé, non seulement du rendement propre de cette machine par l'intermédiaire de ε, mais encore de la forme même du cycle parcouru par le corps qui évolue.

La dernière fraction étant nécessairement supérieure à l'unité, on voit que le rendement mécanique afférent à un cycle est toujours inférieur au rendemement mécanique propre de la machine qui utilise ce cycle.

II. *Transformations thermodynamiques irréversibles.* — L'Hydrodynamique nous a fourni l'équation (3), la Thermodynamique nous fournit celle de l'équivalence

$$(10) \qquad U - U_0 = Q + p_0 v_0 - pv - \mathfrak{T},$$

U étant l'énergie interne du corps en évolution et Q la quantité de chaleur qu'il reçoit de l'extérieur pendant la transformation considérée, toutes deux exprimées en unités de travail.

De ces deux équations jointes, nous déduisons

$$\text{(11)} \qquad U - U_0 = (Q + \mathcal{D}) + (p_0 v_0 - pv) - \mathcal{J};$$

on voit ici l'expression de ce fait que l'énergie dissipée se comporte comme une quantité de chaleur reçue par le corps en évolution, mais prélevée sur les termes énergie mécanique au lieu d'être fournie par le milieu extérieur.

En vertu de (4), (10) peut également s'écrire

$$\text{(12)} \qquad U - U_0 = Q + p_0 v_0 - pv - \mathcal{R}\mathcal{J};$$

nous pouvons connaître le dernier terme de cette formule par une mesure de $\mathcal{T}$ au frein, mais ceci seulement pour l'ensemble de la transformation; ce ne sont, du reste, que les valeurs initiales et finales figurant dans (12) qui nous sont utiles, voire même accessibles.

Comparons donc à la transformation réelle qui nous intéresse une transformation fictive de mêmes états initial et final et de même Q; l'équation (12) nous montre que toutes deux auront même

$$\mathcal{T} = \mathcal{R}\mathcal{J}.$$

Dans notre situation, toutes fonctions ayant même intégrale définie $\mathcal{R}\mathcal{J}$ seront équivalentes; nous pourrons donc mesurer $\mathcal{J}$ par l'aire d'un diagramme (p, v) relevé au manographe et connaître ainsi la valeur de $\mathcal{R}$, puis poser

$$\text{(13)} \qquad \mathcal{R} = \text{const.},$$

et différentier (12), en conséquence; nous aurons ainsi, pour une transformation avec transvasement,

$$\text{(14)} \qquad dU = dQ - d\,pv + \mathcal{R} v\,dp,$$

et, pour une transformation sans transvasement,

$$\text{(15)} \qquad dU = dQ - d\,pv - \mathcal{R} p\,dv.$$

III. *Application au cas des gaz parfaits.* — Considérons, par exemple, la détente adiabatique avec transvasement d'un gaz parfait dans une tuyère ou une turbine; nous aurons les relations

$$\text{(16)} \qquad pv = RT,$$

R étant la constante *du gaz envisagé*, T la température absolue,

(17-18) $$dU = c\,dT, \qquad R = C - c,$$

selon les notations habituelles, et toujours en unités d'énergie.

L'équation (14) va donc se réduire à

(19) $$\frac{dT}{T} = \mathcal{R}\,\frac{C-c}{C}\,\frac{dp}{p},$$

c'est-à-dire, avec la notation habituelle,

(19') $$\frac{T}{T_0} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{\mathcal{R}\frac{\gamma-1}{\gamma}},$$

(20) $$\left(\frac{T}{T_0}\right)^{\gamma-\mathcal{R}(\gamma-1)} = \left(\frac{v_0}{v}\right)^{\mathcal{R}(\gamma-1)},$$

(21) $$\frac{v_0}{v} = \left(\frac{p}{p_0}\right)^{1-\mathcal{R}\frac{\gamma-1}{\gamma}}.$$

Nous aurons donc, d'après (5),

(22) $$\mathfrak{F} = -\int_{p_0}^{p} v\,dp = RT_0\,\frac{\gamma}{\mathcal{R}(\gamma-1)}\left[1-\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\mathcal{R}\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right],$$

c'est-à-dire, d'après (4),

(23) $$\mathfrak{T} = RT_0\,\frac{\gamma}{\gamma-1}\left[1-\left(\frac{p}{p_0}\right)^{\mathcal{R}\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right];$$

on voit que, d'après (19') et (18),

(24) $$\mathfrak{T}_m = C(T_0 - T)$$

comme l'exige l'équation de l'équivalence (10) appliquée à la transformation adiabatique d'un gaz parfait.

M. G. **Durand-Viel** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie, de la part de S. M. Farouk Ier, roi d'Égypte, d'un ouvrage que le roi Fouad, son père, m'avait demandé d'écrire sur *Les campagnes navales de Mohammed Aly et d'Ibrahim*.

Le sujet était magnifique. L'illustre fondateur de la dynastie actuelle

avait eu, en effet, une merveilleuse intuition du rôle capital que devait jouer la mer dans le développement économique et politique de l'Égypte.

C'est l'histoire de l'œuvre vraiment surprenante de Mohammed Aly que j'ai tenté de retracer, en observant, avec autant d'intérêt que de plaisir, la confiance particulière témoignée par le Vice-Roi aux Ingénieurs et Marins français qu'il associa à sa grande entreprise.

Le roi d'Égypte a bien voulu compléter la documentation dont je disposais à Paris en mettant à ma disposition d'importantes reproductions des archives du Caire et de ses collections. Il a fait éditer l'ouvrage à notre Imprimerie Nationale, tirage limité, et préside lui-même à sa distribution. Je suis heureux d'avoir reçu la mission d'offrir cet exemplaire à notre Académie.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Membre de la Section de Géographie et Navigation en remplacement de M. *Ch. Lallemand* décédé.

Le nombre de votants étant 58,

M. Émile-Georges Barrillon obtient	....	37 suffrages
M. Emmanuel de Martonne »	....	21 »

M. **Émile-Georges Barrillon**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

L'Académie procède par la voie du scrutin à l'élection d'un Associé étranger en remplacement de Lord *Rutherford* décédé.

M. **Thomas Hunt Morgan** est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

CORRESPONDANCE.

M. **André Savornin** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Intendant général Chayron. *Achats rationnels. Caractère du plus avantageux de deux achats semblables.* Préfaces de Ch. de Fréminville, Fr. Divisia, Marcel Déat (présenté par M. G. Charpy).

M. le **Ministre de la Défense nationale et de la Guerre** invite l'Académie à désigner deux de ses Membres qui feront partie du *Conseil de Perfectionnement de l'École Polytechnique* pour l'année scolaire 1938-1939.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Sur quelques approximations rationnelles caractéristiques des nombres algébriques.* Note de M. **Charles Pisot**, présentée par M. Paul Montel.

Soient α un nombre algébrique du second degré, $(a_0, a_1, \ldots, a_n, \ldots)$ son développement en fraction continue et $P_n/Q_n = (a_0, a_1, \ldots, a_{n-1})$ la réduite de rang n. On sait que le développement de α est périodique, c'est-à-dire que, à partir d'un certain rang, on a $a_{n+r} = a_n$. Comme

$$\frac{P_{n+1}}{P_n} = (a_n, a_{n-1}, \ldots, a_1, a_0) \quad \text{et} \quad \frac{Q_{n+1}}{Q_n} = (a_n, a_{n-1}, \ldots, a_1),$$

il en résulte que, si n augmente indéfiniment, les quantités P_{rn+h+1}/P_{rn+h} et Q_{rn+h+1}/Q_{rn+h} ont la même limite α_h $(h = 1, 2, \ldots, r)$ et l'on a

$$|P_{rn+h+1} - \alpha_h P_{rn+h}| < \frac{C}{P_{rn+h}}, \quad |Q_{rn+h+1} - \alpha_h Q_{rn+h}| < \frac{C'}{Q_{rn+h}},$$

C et C' étant deux constantes. D'autre part, comme $|P_n - \alpha Q_n| < 1/Q_n$, la série $\sum_{n=0}^{\infty} |P_n - \alpha Q_n|^2$ est convergente.

Ces propriétés se généralisent pour un nombre algébrique α de degré quelconque et caractérisent les nombres algébriques. En effet, A_n et B_n désignant des entiers, on a le théorème suivant :

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour que le nombre α soit algébrique est qu'il existe une suite A_n/B_n de valeurs approchées rationnelles ayant les propriétés suivantes :*

La série $\sum_{n=0}^{\infty} |A_n - \alpha B_n|^2$ *est convergente ; et il existe r nombres* $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r$

tels que $|A_{rn+h+1} - \alpha_h A_{rn+h}| < C/A^{\varepsilon}_{rn+h}$, *C et* ε *étant deux constantes positives. Le degré de* α *ne peut dépasser* $1 + 1/\varepsilon$.

On considère le nombre $\rho = \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_r$, les résultats de ma Thèse ([1]) montrent alors que les conditions sont suffisantes et que le nombre ρ est un entier supérieur à 1 du corps $K(\alpha)$, dont les autres conjugués ont des modules inférieurs à 1. $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r$ appartiennent aussi à $K(\alpha)$. Réciproquement, $\alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_r$ étant r nombres (r quelconque) de $K(\alpha)$ tels que leur produit soit un nombre ρ, on pourra former une suite A_n/B_n de valeurs approchées de α vérifiant les conditions du théorème.

Remarque. — On peut montrer par des considérations analogues que la condition relative à la convergence de la série $\sum_{n=0}^{\infty} |A_n - \alpha B_n|^2$ peut être remplacée par la condition $|A_n - \alpha B_n| \leq 1/\sqrt{\gamma n}$ à partir d'un certain rang, γ étant une constante supérieure à $2\rho^2(1+\rho^2)\sqrt{3}$, $\rho = \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_r$.

On peut donner une construction très commode de la suite A_n/B_n en utilisant le lemme suivant :

LEMME. — *Soient* $\rho_i (i = 1, 2, \ldots, k)$ *les conjugués de l'entier algébrique* $\rho = \rho_1 > 1$; *supposons que* $|\rho_i| \leq \theta < 1$ $(i = 2, \ldots, k)$ *et soit s un entier tel que* $\prod_{i=2}^{k} (1 + |\rho_i|^s) < 2$. R_0 *étant un entier quelconque, la suite d'entiers* $R_0, R_1, \ldots, R_n, \ldots$, *déterminée de proche en proche par les conditions* $|R_{n+1} - \rho^s R_n| < 1/2$, *est telle que* $R_n = \lambda \rho^{sn} + \varepsilon_n$ *avec* $|\varepsilon_n| < C\theta^n$. λ *est un nombre du corps de* ρ *et tout nombre* α *de ce corps est quotient de deux nombres* λ.

Construisons alors dans un plan, rapporté à deux axes de coordonnées rectangulaires Ox et Oy, les deux droites Δ et Δ' passant par O et ayant pour pentes respectivement ρ^s et ρ^{-s}. Nous ne considérerons que les points du plan xOy à coordonnées entières. D'un point d'abscisse R_0 sur Ox, menons la parallèle à Oy jusqu'au point le plus voisin de Δ sur cette parallèle; de là, menons la parallèle à Ox jusqu'au point le plus voisin de Δ', et ainsi de suite. On obtient une ligne L composée de segments $l_0, l_1, \ldots, l_n, \ldots$, alternativement parallèles à Oy et à Ox et s'éloignant à l'infini. Soit $L'(l'_0, l'_1, \ldots, l'_n, \ldots)$ une ligne analogue commençant en un point d'ordonnée R'_0 sur Oy, le segment l'_0 étant parallèle à Ox. Les

---

([1]) *Annali d. R. Scuola Norm. Sup. di Pisa* (sous presse). Voir aussi *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 312-314.

segments de même indice l_n et l'_n (ou leurs prolongements) se coupent en un point dont les coordonnées sont A_n, B_n. A_n sera l'ordonnée ou l'abscisse suivant que n est pair ou impair. La suite A_n/B_n tend alors vers un nombre α du corps de ρ de manière que $|A_n - \alpha B_n| < C/B_n^{\varepsilon}$, C étant une constante et $\varepsilon \leq 1/(k-1)$. Réciproquement, tout nombre α de ce corps peut être obtenu par ce procédé, même d'une infinité de manières. En particulier, en réunissant un nombre fini de telles suites A_n/B_n on retrouve le procédé d'approximation étudié dans le théorème énoncé.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Essai d'analyse factorielle de notes de baccalauréat. Relations entre les notes des différentes épreuves écrites.* Note de M. **Henri Laugier** et Mlle **Dagmare Weinberg**, présentée par M. Émile Borel.

Nous avons entrepris une analyse statistique des notes de baccalauréat, en vue de rechercher dans quelle mesure s'y manifestent des solidarités entre les capacités mentales dont ces notes sont une expression approchée.

Les notes considérées sont relatives à toutes les épreuves écrites des examens de baccalauréat 1re partie, pour 500 candidats par série (session juillet 1936); en outre les notes d'un groupe de 192 candidats bacheliers provenant d'établissements d'enseignement primaire supérieur et celles d'un groupe de 400 candidats en A' d'une session antérieure (1930) ont pu être utilisées.

Les coefficients de corrélation entre les notes obtenues par les mêmes candidats aux différentes épreuves prises deux à deux ont été les suivants : [coefficients calculés d'après la formule de Bravais-Pearson, atténués suivant la formule de Spearman pour éliminer l'influence [1] des variations liées à la personnalité du correcteur] (tableau I).

---

[1] Cette influence a pu être précisée au cours d'une étude antérieure : H. Laugier, et D. Weinberg, *Élaboration statistique des données numériques de l'Enquête sur la correction des épreuves du baccalauréat.*

TABLEAU I.

Épreuves.	Série.	r.	Épreuves.	Série.	r.
Latin-Grec	A	0,694	Français-Anglais	B	0,320
Mathématiques-Physique	B	0,555	Français-Physique	B	0,294
Anglais-2e langue vivante	B	0,437	Latin-Mathématiques	A	0,292
Français-2e langue vivante	B	0,396	Français-Mathématiques	A′	0,285
Français-Latin	A	0,395	Français-Latin	A′	0,281
Français-Grec	A	0,387	2e langue vivante-Mathématiques	B	0,254
Latin-Anglais	A′	0,372	Anglais-Mathématiques	A′	0,251
Français-Anglais	A′	0,358	Anglais-Physique	B	0,197
2e langue vivante-Physique	B	0,350	Français-Mathématiques	A	0,163
Latin-Mathématiques	A′	0,325	Français-Mathématiques	B	0,162
Grec-Mathématiques	A	0,320	Anglais-Mathématiques	B	0,121

L'analyse factorielle (méthodes de Spearman) a montré que, dans chaque série, les notes des différentes épreuves peuvent être décomposées en des facteurs isolables, définis numériquement et indépendants entre eux : 1° un facteur général commun à *toutes* les épreuves de la série; 2° des facteurs spécifiques particuliers à chaque épreuve de la série (facteurs systématiques et erreurs de mesure); 3° en outre, il a fallu admettre l'existence d'un facteur de groupe commun aux mathématiques et à la physique à l'exclusion des autres épreuves de la série.

Les différentes épreuves d'une série sont inégalement *saturées* par le facteur général de la série; les coefficients de saturation sont indiqués au tableau II.

TABLEAU II. — *Coefficients de saturation par le facteur général.*

				B secondaire		B primaire sup.
Épreuves.	A.	A′ 1936.	A′ 1930.	gr. espagn.	gr. allem.	gr. espagn.
Français	0,463	0,546	0,523	0,451	0,656	0,573
Latin	0,825	0,595	0,758	–	–	–
Grec	0,850	–	–	–	–	–
Anglais	–	0,596	0,539	0,577	0,514	0,578
Espagnol	–	–	–	0,773	–	0,602
Allemand	–	–	–	–	0,883	–
Mathématiques	0,299	0,493	0,536	0,199	0,329	0,281
Physique	–	–	0,608	0,348	0,534	0,291

En partant de ces valeurs de saturation, on peut reconstituer, avec une approximation suffisante, l'ensemble des coefficients de corrélation

observés (tableau I) (sauf bien entendu ceux qui font intervenir les mathématiques et la physique à la fois), les écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées ne dépassant pas la marge des erreurs d'échantillonnage.

Lorsque l'influence du facteur général est éliminée au moyen du calcul des corrélations partielles, on constate, en accord avec les prévisions théoriques, que les corrélations entre les différentes épreuves d'une série deviennent pratiquement nulles, sauf pourtant le couple Mathématiques-Physique où la corrélation résiduelle reste importante : en A' 1930 de 0,463; en B secondaire de 0,567 (groupe *espagnol*), et de 0,428 (groupe *allemand*); en B primaire de 0,546.

Ces résultats, ainsi que ceux indiqués au tableau II, permettent de conclure que le facteur général d'une série dégagé par cette analyse représente un ensemble de conditions liées surtout aux matières littéraires et linguistiques et qui n'influencent que dans une mesure relativement faible les succès des candidats dans les épreuves scientifiques.

GÉOMÉTRIE ALGÉBRIQUE. — *Une construction des plans multiples représentatifs des surfaces algébriques de genres* 1. Note ([1]) de M. **Bernard d'Orgeval**, présentée par M. Élie Cartan.

M. O. Chisini a démontré ([2]) que l'on pouvait obtenir une courbe φ, qui soit de diramation pour un plan n-ple, à partir d'une suite de n-1 courbes liées de manière convenable.

Une modification de cette construction permet d'obtenir des courbes de diramation de plans n-ples, représentatifs de surfaces algébriques de genres 1.

La suite de courbes considérées est représentée par le schéma suivant, où la Γ représente une cubique, les C des coniques et les D des droites; les courbes reliées par un trait seront dites liées; les chiffres placés par couples, sous chaque courbe, indiquent les substitutions que l'on doit effectuer sur les n déterminations de la fonction $z(x, y)$, dont la φ est courbe de diramation. Soit, de plus, $\alpha = \pi - 2$ le nombre (égal) des coniques et des droites.

([1]) Séance du 8 juin 1938.

([2]) *Rend. R. Accad. Lincei*, 6e série, **19**, 1934, p. 689 et 766.

J'appelle alors P les points d'intersection de deux courbes liées, et Q les autres points communs aux courbes du système.

Soit alors $\bar{\varphi}$ la courbe constituée par la somme de ces courbes, chacune comptée deux fois; nous imposerons de plus à ces courbes comptées deux fois, d'avoir outre d'autres diramations, des diramations aux points P, qu'elles contiennent.

Si l'on fait alors varier infiniment peu la courbe $\bar{\varphi}$, en sorte qu'un point P engendre trois points de rebroussement, et un point Q quatre points doubles, la courbe φ ainsi obtenue sera courbe de diramation pour un plan n-ple avec $n = 2\alpha + 2$.

La démonstration est identique à celle de M. Chisini, basée sur le *faisceau représentatif* de la courbe ([3]). On montre ainsi que les conditions de M. F. Enriques sont vérifiées ([4]).

Le calcul des nombres de points doubles d, et de points de rebroussement k, donne

$$d = 6(3\pi^2 - 13\pi + 14), \qquad k = 24(\pi - 2).$$

Ce sont bien les caractères plückériens d'un plan n_{ple} représentatif d'une surface de genres 1.

Il est à noter que le schéma indiqué, pour faciliter l'exposé, n'est pas le seul possible; en effet une suite analogue de coniques et de droites peut se construire sur la gauche de la cubique. En raison de la symétrie, on peut, pour π donné, obtenir un nombre de schémas distincts égal au plus grand entier contenu dans $\pi/2$.

([3]) *Rend. R. Istituto lombardo*, 66, 1933, p. 1141.

([4]) *Ann. di Matematica*, 4e série, 1, 1923-24, p. 185.

THÉORIE DES ESPACES ABSTRAITS. — *Sur les espaces abstraits à connexion affine.* Note de M. **Robert Potier**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans cette Note, nous nous proposons d'étendre la méthode géométrique de M. E. Cartan à l'étude d'espaces $\mathcal{E}$ à connexion affine généralisés, localement représentables sur l'espace E vectoriel distancié (¹).

Soit donc S_M une représentation biunivoque et bicontinue d'un voisinage (¹) V d'un point M de $\mathcal{E}$ sur E (dans la suite, les majuscules symbolisent les points de $\mathcal{E}$, les minuscules ceux de E, les lettres grecques ceux de σ considéré plus loin).

A chaque point M de $\mathcal{E}$ sera alors associée une telle représentation S_M. Soient M et N dans $\mathcal{E}$.

Imaginons qu'à tout vecteur mm' de S_M corresponde un vecteur nn' de S_N, de façon linéaire bornée (donc bicontinue), et biunivoque. Supposons qu'une telle correspondance C entre les vecteurs de S_M et de S_N soit définie pour tous les points M et N de $\mathcal{E}$. Alors, les vecteurs correspondants seront dits avoir même position par rapport aux repères abstraits en M et N (R_M et R_N). Effectuer une transformation linéaire A (ayant une inverse A^{-1}) sur R_M voudra dire remplacer dans C les vecteurs de S_M par leurs transformés par A^{-1}; à

$$(1)\quad \mathcal{R} = AR \qquad \text{correspond} \qquad (2)\quad X = A\mathcal{X}.$$

Dans la suite, nous n'aurons à considérer que des quantités abstraites formant elles-mêmes un troisième espace vectoriel distancié σ. Une forme linéaire $\omega(M, MM')$ sera, par définition, une forme linéaire bornée en mm', fonctionnelle de M. La dérivée extérieure d'une telle forme, relativement à un cycle parallélogrammique $(abcd)$, d'image (ABCD) dans $\mathcal{E}$, sera, par définition, la forme bilinéaire $\omega'(A; AB, AD)$, si elle existe, qui approchera la quantité $\theta = \omega(A, AB) + \omega(B, BC) - \omega(A, AD) - \omega(D, DC)$, de la façon suivante :

$$\theta - \omega' = O(AB; AD)$$

avec

$$\frac{O(AB; AD)}{\|AB\| \times \|AD\|} \to 0 \quad \text{quand} \quad \|AD\| \quad \text{et} \quad \|AB\| \to 0 \text{ simultanément.}$$

Il va de soi que ω' est alternée (ou symétrique gauche) en AB et AD; et l'on voit qu'elle est unique.

(¹) M. Fréchet, *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 140 et 172.

On définit de façon analogue, grâce à un parallélépipède, la dérivée extérieure d'une forme bilinéaire alternée ([2]).

La différentielle d'un champ de quantités $\alpha(M)$ dans $\mathcal{E}$ sera la différentielle de $\zeta(m) = \alpha(M)$, au sens de M. Fréchet, prise dans E.

Soient M un point fixe et M′ un point variable de $\mathcal{E}$. On appellera système de repères équipollents à R_M les repères $\mathcal{R}_{M'}$,

$$R_{M'} = \{ 1 + \omega(M, MM') \} \mathcal{R}_{M'}, \tag{4}$$

ω étant une forme linéaire, bornée et deux fois dérivable extérieurement, appelée forme de connexion.

Deux vecteurs placés de la même manière par rapport à deux repères équipollents sont dits équipollents.

La dérivée extérieure absolue d'une forme linéaire en M est la dérivée extérieure prise en M quand les $R_{M'}$ sont remplacés par les $\mathcal{R}_{M'}$. La différentielle absolue se définit d'une façon analogue ([3]).

Cela étant, soit $\varpi = mm'$ le vecteur *joignant* M à M′. Transportons par équipollence le même vecteur X selon ABC, puis ADC; nous obtenons deux résultats distincts, en général; pour passer de l'un à l'autre, il faut appliquer la transformation $[1 + \Omega(A;\, AB, AD) + O(AB;\, AD)]$, avec

$$\Omega = \omega' + (\omega, \omega) \tag{5}$$

et

$$(\omega, \omega) = \omega(AB)\,\omega(AD) - \omega(AD)\,\omega(AB).$$

De même, en transportant par équipollence BC et DC en A, et en ajoutant les résultats changés de sens avec AB et AD, on obtient un vecteur $\varphi = T(A;\, AB, AD) + O(AB;\, AD)$, T étant donné par

$$T = \varpi' + (\omega\varpi), \tag{6}$$

(5) et (6) s'obtiennent à partir des opérations géométriques précédentes, et généralisent les équations de structure de M. E. Cartan. T et Ω sont les *tenseurs* de torsion ([3]) et de courbure ([3]) de la connexion, car, si l'on effectue une transformation linéaire bornée différentiable B(M) sur R_M, le changeant en un repère $H_M (H_M = BR_M)$, T et Ω subissent des transformations

$$T = BT_1, \tag{7}$$

$$\Omega_1 = B^{-1}\Omega B \tag{8}$$

([2]) E. Cartan, *Leçons sur les invariants intégraux*, Paris, 1922, p. 65 et suivantes.

([3]) E. Cartan, *Annales Éc. Norm.*, 40, 1923, p. 325-412.

(T_1 et Ω_1 : T et Ω après le changement de repères), où dB ne figure pas, et qui constituent deux groupes.

Enfin, les dérivées extérieures absolues de T et Ω (T' et $\overline{\Omega'}$) exprimées en tenant compte de (5) et (6) sont données par

(9) $$\bar{T}' = [\Omega\varpi],$$

(10) $$\bar{\Omega}' = 0,$$

(9) et (10) généralisent les identités de Bianchi et ont même interprétation que ces dernières dans les espaces à n dimensions [2].

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur certains types d'ensembles de mesure nulle.* Note de M. **Frédéric Roger**, présentée par M. Émile Borel.

Dans ses travaux sur la théorie de la mesure, M. Borel n'a cessé d'attirer l'attention sur les ensembles *de mesure nulle* et le *degré de rareté* de leurs points [1]. C'est ainsi que les ensembles dénombrables doivent être considérés comme les plus raréfiés. Or tout ensemble dont les éléments sont les sommes ou produits d'un nombre fini de valeurs réelles parcourant indépendamment des ensembles dénombrables, est encore dénombrable : en ce sens, les ensembles dénombrables forment un anneau. Les ensembles de mesure nulle n'ont plus cette propriété. Mais *existe-t-il un degré suffisant de rareté qui la conserve?* L'un des buts de cette Note est de répondre par l'affirmative à la question soulevée par M. Borel.

D'autre part, la démonstration repose sur la possibilité de définir une *dimension métrique qui soit additive dans le produit topologique* (tout comme dans le produit d'une longueur par une longeur où l'on obtient une surface, $1 + 1 = 2$). Enfin l'idée directrice de cette définition permet de serrer de près le complémentaire du *presque partout* de M. Lebesgue, l'ensemble exceptionnel où une primitive cesse d'admettre une fonction finie donnée pour dérivée (éventuellement approximative) et de définir ainsi une *classe de fonctions intégrables plus vaste que celle des fonctions totalisables* de M. Denjoy, puisqu'elle contient des fonctions qui ne sont *sommables dans aucun intervalle* au sens de M. Lebesgue.

---

(1) Cf. E. Borel, *Fundamenta Mathematicæ*, 25, 1935, p. 7-12, où se trouvent d'autres références.

I. Dimension métrique, additive dans le produit topologique. — Un ensemble E, de points sur la droite par exemple. est *de mesure nulle* au sens de M. Borel s'il peut être enfermé dans un système dénombrable d'intervalles dont la somme des longueurs soit arbitrairement faible. Dans cette définition, le fractionnement ou groupement des intervalles est sans influence parce que la longueur l est additive; mais il n'en est plus de même quand on substitue à l une *fonction* $\varphi(l)$ *moins décroissante* afin de préciser le degré de rareté des points de E. Pour les applications, il y a le plus grand intérêt à pouvoir raisonner sur des intervalles *comparables*, ainsi que le permettent, dans le cas de l, les réseaux de M. de la Vallée Poussin. Aussi dirons-nous que E est *de mesure nulle pour le type* $\varphi(l)$ s'il peut être enfermé dans la plus petite limite au sens de M. Borel d'une suite de systèmes S_i d'un nombre fini d'intervalles comparables (en ce sens que leurs longueurs l pour S_i et S_{i+1} restent dans des rapports bornés quel que soit i) dont la somme des $\varphi(l)$ ait, quand i augmente indéfiniment, sa plus grande limite arbitrairement faible. A cause de la borne introduite, il est indispensable de considérer aussi comme de mesure nulle tout ensemble qui se laisse décomposer en au plus une infinité *dénombrable* d'ensembles jouissant de la propriété précédente.

En se limitant aux $\varphi(l)$ de la forme $l^\alpha (0 < \alpha \leq 1)$, on définit la *dimension métrique* de E comme la borne inférieure des exposants α pour lesquels E est de mesure nulle. Cette dimension, analogue à celle de M. Hausdorff dont M. Besicovitch a tiré grand parti ([2]), jouit en plus, grâce à la comparabilité des intervalles de recouvrement, de l'*additivité dans le produit topologique*. D'où résulte, en particulier, que les ensembles *de dimension zéro* (dont certains sont parfaits) forment un *anneau* contenant le sous-anneau des ensembles *dénombrables*.

II. Fonctions intégrables plus générales que les fonctions totalisables. — Dans une Note récente ([3]), j'ai montré l'identité, avec la classe des *totales* de M. Denjoy, de la classe des fonctions continues $F(x)$ qui admettent une *dérivée approximative finie* $f(x)$, sauf peut-être en des points de la courbe représentative $y = F(x)$ dont l'ensemble soit *de longueur nulle* et se répartisse sur une *suite de courbes rectifiables* de la forme $y = \psi_n(x)$. Mais, pour l'ensemble exceptionnel, supprimons la seconde condition et donnons à la première un sens conforme au paragraphe I en prenant pour S_i des

---

([2]) *Mathematische Annalen*, **101**, 1929, p. 161-193 et **110**, 1934, p. 321-335.

([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 888.

systèmes finis de rectangles de côtés parallèles aux axes dont les projections sur Ox ne soient pas empiétantes pour un même système et restent dans des rapports bornés pour deux systèmes consécutifs (rien n'est supposé sur les hauteurs), enfin dont la mesure conventionnelle φ soit la longueur de la diagonale. Une telle *comparabilité des rectangles de recouvrement* conserve alors l'*unicité*, à une constante additive près, de la primitive $F(x)$ connaissant $f(x)$ presque partout ; mais permet à $F(x)$ éventuellement de n'être une totale dans aucun intervalle.

En prenant pour intégrale de $f(x)$, la variation de sa primitive $F(x)$, on définit ainsi des *fonctions intégrables* qui peuvent n'être *totalisables dans aucun intervalle*. A ces fonctions $f(x)$, s'applique le procédé des *majorantes* et *minorantes* de MM. de la Vallée Poussin et Perron, à la condition d'admettre des ensembles exceptionnels dans les constructions, ce qui rend le procédé beaucoup plus symétrique puisqu'un tel ensemble se retrouve dans le résultat. Signalons enfin, pour l'*intégration des différentielles totales*, qu'une surface d'équation $z = f(x, y)$ est bien déterminée, à une translation près parallèle à oz, par la connaissance de son *plan tangent* sauf en des points dont l'ensemble soit *de surface nulle* dans l'espace.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions indéfiniment dérivables.* Note de M. **Ayzyk Gorny**, présentée par M. Jacques Hadamard.

J'ai montré récemment [1] que le produit de deux fonctions d'une classe $C\{m_n\}$ (c'est-à-dire satisfaisant aux conditions $|f^n(x)| < k^n m_n$ pour toute valeur de n) définie sur *tout l'axe réel* appartient encore à la classe. Ce théorème est encore vrai pour les classes définies sur un demi-axe, mais il n'en est plus ainsi, en général, lorsqu'on considère les fonctions définies sur un segment fini (a, b) $(-\infty < a < b < \infty)$, comme le prouve l'exemple suivant :

Considérons la fonction

$$f(x) = \sum_{k=1} \frac{x^{k^k}}{k^{1/2 k^{k+1}}} \qquad (0 \leqq x \leqq 1).$$

Cette fonction appartient à la classe $C\{m_n\}$, définie de la manière suivante : $m_n = (k+1)^{1/2(k+1)^{k+2}}$ si $k^k < n \leqq (k+1)^{k+1}$, où k est un entier positif, sauf

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1245-1247.

pour $n = 2k^k$, où $m_n = 1$. Or on voit facilement que la fonction $g(x) = f(x)^2$ n'appartient pas à cette classe car, en posant $M_n = \max|f^{(n)}(x)|$, $M'_n = \max|g^{(n)}(x)|$, on a l'inégalité $M'_{2n} > M_n^2$, donc $\lim \sqrt[2n]{M'_{2n}} = x'$, si $n = k^k$.

Il est d'ailleurs évident que si l'on définit la classe $C\{m_n\}$ des polynomes de degré k par les égalités $m_n = 1$ pour $n \leqq k$, $m_n = 0$ pour $n > k$, le carré du polynome n'appartient pas, en général, à la classe, mais les classes ainsi formées paraissent peu intéressantes.

Nous avons toutefois, même dans le cas du segment fini, la proposition suivante :

Soit μ_n le plus grand des deux nombres $n!$, m_n, $\mu_n = \max(n!, m_n)$, le produit de deux fonctions de la classe $C\{m_n\}$ appartient à la classe $C\{\mu_n\}$.

Donc, en particulier, *si la classe contient toutes les fonctions analytiques sur le segment fermé, elle contient également le produit de deux de ses fonctions.*

La méthode de démonstration est analogue à celle qui a été employée dans la Note précédente et est basée sur une formule de Markoff (²) donnant le maximum du module de la dérivée d'un polynome de degré n.

Soit $M_\nu = \max|f^{(\nu)}(x)|$ $(\nu = 0, 1, 2, \ldots)$ $(0 \leqq x \leqq 1)$, on a

$$(1) \qquad M_k < \frac{2^{2k+1}\, n\,(n+k-1)!\,k!}{(n-k)!\,(2k)!} M_0 L^{-k} + \frac{M_{n+1}}{(n-k+1)!} L^{n+1-k},$$

L étant un nombre compris entre 0 et 1.

Soit l la valeur de L pour laquelle le second membre de (1) atteint son minimum. Dans le cas où $l > 1$, on a $M_{n+1} < c^{n+1}(n+1)!\,M_0$, où c est une constante, et pour obtenir le minimum du second membre, on posera $L = 1$, tandis que si $l < 1$, on trouve

$$(2) \qquad M_k < c^k \left(\frac{n}{k}\right)^k M_0^{1-\frac{k}{n}} M_n^{\frac{k}{n}}.$$

La substitution de l'une ou l'autre de ces relations dans la formule de Leibnitz

$$\varphi^{(n)}(x) = \sum_{k=0}^{n} C_n^k f^{(k)}(x)\, g^{(n-k)}(x),$$

où $\varphi(x) = f(x)\,g(x)$, conduit à la proposition énoncée.

(²) G. S. Bernstein, *Leçons sur les propriétés extrémales*, Paris, 1926, p. 30.

Signalons encore, dans le même ordre d'idées la proposition suivante : *Soit $n_0, n_1, \ldots, n_k, n_{k+1}, \ldots$ une suite croissante d'entiers : si*

$$\overline{\lim_{k\to\infty}} \sqrt[n_{k+1}]{\frac{M_{n_k}}{n_k!}} < \rho < 1,$$

la fonction est analytique.

Autrement dit *la classe* $C_{\{m_n\}}$ *ne contient que des fonctions analytiques si*

$$\overline{\lim_{k=\infty}} \sqrt[n_{k+1}]{\frac{m_{n_k}}{n_k!}} < \rho < 1.$$

Ceci résulte du fait que, si la condition précédente est vérifiée, la suite des polynomes d'interpolation de Lagrange, avec des nœuds quelconques sur le segment, converge dans un domaine contenant ce segment.

Soient, en effet, P_{n_k}, $P_{n_{k+1}}$ des polynomes d'interpolation de degrés n_k et n_{k+1}, on a

$$|P_{n_{k+1}} - P_{n_k}| < \frac{M_{n_k}}{n_k!} + \frac{M_{n_{k+1}}}{n_{k+1}!} < \rho_1^{n_{k+1}}, \qquad \rho_1 < 1.$$

Il en résulte, par une proposition connue de M. S. Bernstein, que la série $\sum_{k=0}^{\infty}(P_{n_{k+1}} - P_{n_k})$ converge à l'intérieur d'une ellipse admettant les extrémités du segment pour foyers.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions entières limites de polynomes dont les zéros sont réels et entrelacés.* Note (1) de M. **Nikola Obrechkoff**, présentée par M. Paul Montel.

D'après un théorème de Laguerre (2), perfectionné par M. Pólya (3), la forme générale d'une fonction entière qui est la limite uniforme d'une suite de polynomes à zéros réels est

$$f(z) = k z^m e^{-\gamma z^2 + \delta z} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{\alpha_n}\right) e^{\frac{z}{\alpha_n}},$$

où k est une constante; γ, δ, α_n, $\gamma \geqq 0$, sont réels; m, un entier $\geqq 0$, la

(1) Séance du 13 juin 1938.

(2) *Œuvres*, 1, Paris, 1898, p. 174-177.

(3) *Rendiconti del Circolo mat. di Palermo*, 36, 1913, p. 279.

série $\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_n^2}$ étant convergente. Dans cette Note, nous résoudrons la question suivante : trouver la condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions entières $f(z)$ et $\varphi(z)$ soient des limites de polynomes dont les zéros sont réels et séparés sur l'axe réel ? Démontrons d'abord quelques inégalités. Soient α_{n1}, β_{n1} des nombres positifs tels que

$$0 < \beta_{11} < \alpha_{11} < \beta_{21} < \alpha_{21} < \ldots,$$

et soient α_{n2}, β_{n2} des nombres négatifs

$$0 > \alpha_{12} > \beta_{12} > \alpha_{22} > \beta_{22} > \alpha_{32} > \ldots.$$

Alors, pour chaque $z = re^{i\theta}$, $0 < \theta < (\pi/2)$, et λ, on a

$$\frac{k}{|z|} < \left| \prod_{n=1}^{\lambda} \frac{1 - \frac{z}{\alpha_{n1}}}{1 - \frac{z}{\beta_{n1}}} \right| < \frac{1}{\sin\theta},$$

$$1 < \left| \prod_{n=1}^{\lambda} \frac{1 - \frac{z}{\alpha_{n2}}}{1 - \frac{z}{\beta_{n2}}} \right| < \mathrm{L}\,|z|\sin\theta,$$

où k, L sont des constantes indépendantes de z, θ, λ. En se basant sur ces inégalités et sur un théorème de M. Montel ([4]) pour les fonctions méromorphes limites de fractions rationnelles à termes entrelacés, je démontre le théorème :

1. *La condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions-entières $f(z)$ et $\varphi(z)$, sans zéros communs, soient des limites de polynomes à zéros réels et entrelacés est la suivante : $f(z)$ et $\varphi(z)$ doivent avoir la forme*

$$f(z) = g\, e^{-\gamma z^2 + \delta z} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{\alpha_n}\right) e^{\frac{z}{\alpha_n}},$$

$$\varphi(z) = g_1\, e^{-\gamma_1 z^2 + \delta_1 z} \prod_{n=1}^{\infty} \left(1 - \frac{z}{\beta_n}\right) e^{\frac{z}{\beta_n}},$$

où α_n, β_n sont réels et séparés entre eux, $\gamma = \gamma_1 \geq 0$, δ, δ_1 réels, les séries $\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\alpha_n^2}$, $\sum_{1}^{\infty} \frac{1}{\beta_n^2}$ sont convergentes et si l'on désigne par α_{n1}, β_{n1} les zéros

---

([4]) *Comptes rendus*, **195**, 1932, p. 643; *Annales de l'École Norm. supér.*, (2), **50**, 1933, p. 171-196.

positifs et par α_{n2}, β_{n2}, les zéros négatifs, rangés par ordre de grandeur absolue croissante, on a

$$\delta_1 - \delta = \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{\alpha_{n1}} - \frac{1}{\beta_{n1}}\right) + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{\alpha_{n2}} - \frac{1}{\beta_{n2}}\right).$$

Naturellement, si $f(0) = 0$, il faut ajouter le facteur z dans le produit à droite.

Dans le cas où les fonctions sont limites de polynomes dont les zéros sont du même signe, les conditions sont plus simples.

II. *La condition nécessaire et suffisante pour que les fonctions entières $f(z)$ et $\varphi(z)$ soient des limites de polynomes dont les zéros sont positifs et entrelacés sur l'axe réel est qu'elles aient la forme*

$$f(z) = e^{-qz}\prod_{n=1}^{\infty}\left(1 - \frac{z}{\alpha_n}\right),$$

$$\varphi(z) = e^{-q_1 z}\prod_{n=1}^{\infty}\left(1 - \frac{z}{\beta_n}\right),$$

où α_n, β_n sont positifs et séparés entre eux, $q = q_1 \geqq 0$, les séries $\sum_1^{\infty} \frac{1}{\alpha_n}$, $\sum_1^{\infty} \frac{1}{\beta_n}$ étant convergentes.

AÉRODYNAMIQUE. — *Mesure des pressions sur un corps en rotation dans l'air.* Note de M. **Edmond Brun**, présentée par M. Charles Fabry.

La mesure de la pression à un orifice percé dans la paroi d'un corps en rotation nécessite, si l'on utilise un manomètre fixe, un joint étanche entre le tube mobile relié à la prise et le tube fixe relié au manomètre. Or il est très difficile de s'assurer de l'étanchéité parfaite du joint, *au cours de la rotation*. Nous avons été ainsi conduit à supprimer le joint en faisant tourner le manomètre avec le corps et en mesurant la pression sur le manomètre en rotation. Le dispositif utilisé à cet effet est le suivant.

Un tube fin réunit l'orifice *o* de la prise de pression à une petite chambre A, placée en bout d'arbre, d'une capacité de quelques centimètres cubes à peine (si le corps tournant et l'arbre sont creux, le tube fin peut passer par l'intérieur du corps et de l'arbre). La chambre A est en relation, directe et permanente, avec une boîte métallique B, circulaire (7^{cm} de diamètre), plate, à parois minces et ondulées, analogue à l'une des cellules d'un baromètre

enregistreur. On voit qu'une dépression (ou une compression) à l'orifice o provoque un écrasement (ou un gonflement) de la boîte B.

La boîte B, qui tourne avec l'arbre, est centrée aussi exactement que possible sur l'axe de rotation; elle porte, en son centre, une tige fine et pointue qui matérialise en quelque sorte cet axe. Cependant, il serait difficile de réaliser, par construction, une coïncidence exacte de la tige et de l'axe de rotation; aussi est-ce par déformation de la tige qu'on arrive à placer *sa pointe*, P, exactement sur l'axe. Dans ces conditions, quand le corps tourne à la vitesse constante ω, la pointe P a une position fixe qui donne l'état d'écrasement (ou de gonflement) de la boîte B et, par suite, après étalonnage, la différence entre la pression atmosphérique p_A, et la pression p, à l'orifice o, pour la vitesse ω.

L'étalonnage du manomètre métallique s'effectue au repos : à cet effet la chambre A porte deux ouvertures (qui sont hermétiquement fermées au cours de la rotation) : l'une est mise en relation avec un manomètre à liquide, l'autre sert à raréfier (ou à comprimer) l'air dans la chambre A. L'étalonnage fait au repos n'est pas rigoureusement valable en cours de rotation, à cause des forces centrifuges qui, s'exerçant sur la boîte B, la déforment très légèrement, mais cet effet peut s'étudier facilement et entraîne une correction très faible sur la différence de pression $p_A - p$ mesurée, tant que celle-ci ne descend pas au-dessous d'un centimètre d'eau et que la vitesse de rotation ne dépasse pas 1200 tours par minute.

La méthode présente l'avantage d'être très sensible. La pointe P se déplace dans le champ d'un microscope à oculaire micrométrique, et il est facile de faire correspondre, à une division du micromètre, une variation de pression d'un millimètre d'eau.

Le dispositif est utilisé actuellement par M. Jean Lafont à l'étude de la distribution radiale des pressions sur un disque plan tournant.

AÉRODYNAMIQUE. — *Étude en soufflerie des caractéristiques aérodynamiques de quelques dispositifs hypersustentateurs placés au voisinage du sol.* Note [1] de M. **Louis Viaud**, présentée par M. Albert Caquot.

Un dispositif hypersustentateur étant essentiellement utilisé pour faciliter le décollage et l'atterrissage des avions, il était intéressant de connaître

[1] Séance du 30 mai 1938.

l'influence de la présence du sol sur ses caractéristiques aérodynamiques. Dans ce but, nous avons entrepris l'étude expérimentale en soufflerie des principaux dispositifs actuellement employés. La représentation du sol était obtenue par la méthode du demi-plancher avec aile compensatrice ([2]).

Les essais ont consisté à mesurer les efforts de poussée, de traînée et le moment résultant par rapport au bord d'attaque sur une aile équipée successivement de chacun de ces dispositifs et placée à différentes altitudes. L'aile utilisée était une aile rectangulaire de 90^{cm} d'envergure et de 30^{cm} de corde, à profil biconvexe symétrique formé de 5 parties permettant de transformer cette aile à fentes et à courbure variable.

Profils sans fente. — Les figures 1 et 2 donnent les résultats obtenus sur des dispositifs hypersustentateurs ne comportant pas de fente : aile simple; volet de courbure (35 pour 100 de la corde $\beta = 20°$); volet Schrenck (volet d'intrados de 10 pour 100 de profondeur braqué aux environs de 90°). Pour ces dispositifs, on constate :

1° *Fig.* 1. — Pour les valeurs de 100 C_z inférieures à 100 la pente des courbes $C_z = F(i)$ croît notablement lorsque l'altitude de l'aile diminue; au delà de 100 $C_z = 100$, la pente reste pratiquement constante, les courbes se décalant vers la gauche lorsque le rapport l/h croît; le C_z maximum augmente sensiblement lorsque l'altitude diminue.

2° *Fig.* 2. — Pour les valeurs de C_z supérieures à 30 environ, il y a diminution du C_x; il y a au contraire augmentation en dessous de cette valeur. Remarquons enfin que pour le volet Schrenck et pour l/h plus grand que 1.5, cette diminution du C_x devient importante, ce qui se traduit par un redressement des polaires.

Profils à fente. — On trouve sur les dispositifs comportant une fente, volet de courbure à fente, aile à fentes multiples et à courbure variable (aile Lacaine) :

1° *Fig.* 3. — Pour les courbes C_z, on constate comme précédemment une légère augmentation de la pente pour des valeurs de 100 C_z inférieures à 100; au-dessus de cette valeur, la pente devient constante. On ne retrouve pas ici l'augmentation du C_z maximum lorsque l'altitude de l'aile décroît; celui-ci reste à peu près constant pour le volet de courbure à fente et diminue notablement pour l'aile à fente multiple.

2° *Fig* 4. — Pour les C_x, l'influence du sol se manifeste d'une façon analogue sur des profils à fente ou sans fente.

([2]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 817.

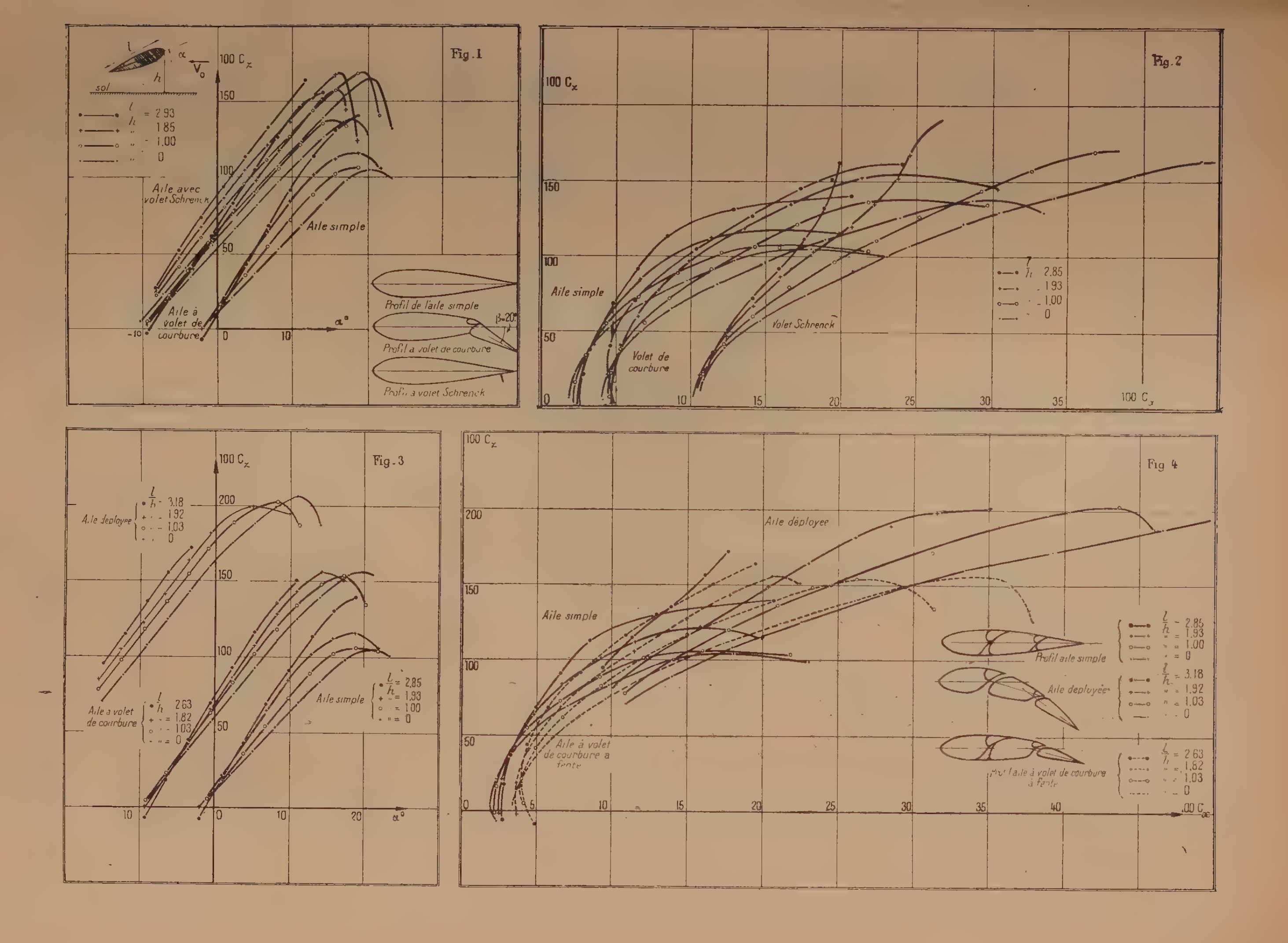


Fig. 1
100 C_z
sol
Aile avec volet Schrenck
Aile simple
Aile à volet de courbure
Profil de l'aile simple
Profil à volet de courbure
Profil à volet Schrenck
Fig. 2
100 C_x
Aile simple
Volet de courbure
Volet Schrenck
100 C_y
Fig. 3
100 C_z
Aile déployée
Aile à volet de courbure
Aile simple
Fig 4
100 C_z
Aile déployée
Aile simple
Aile à volet de courbure à fente
Profil aile simple
Aile déployée

D'après ces résultats, on voit que l'influence de la proximité du sol, déjà sensible sur une aile ordinaire, devient très importante dès que l'on s'élève dans l'échelle des C_z, c'est-à-dire sur des ailes munies de dispositifs hypersustentateurs.

MÉCANIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur le mécanisme de l'activation des noyaux atomiques.* Note de M. **Louis Goldstein**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la description statistique des collisions nucléaires on s'est borné jusqu'à présent à l'étude de la deuxième étape du processus, qui se présente comme un phénomène d'évaporation d'une ou de plusieurs particules lourdes ou de photons à partir du noyau intermédiaire activé, formé d'un noyau initial dans son état fondamental et d'une particule incidente d'énergie cinétique donnée. Il apparaît cependant que le modèle statistique des noyaux permet d'obtenir quelques précisions au sujet de l'état du noyau intermédiaire, précédant l'état stable du point de vue thermodynamique, dont la disparition suivant les possibilités indiquées constitue l'étape finale du phénomène de collision. Le modèle statistique des noyaux suggère l'intervention des phénomènes de transport ([1]) comme pouvant fournir une sorte d'aspect limite de la première étape d'activation nucléaire qui se développe dans la collision et qui conduit à l'état stable, du point de vue thermodynamique, du noyau intermédiaire.

Les diverses caractéristiques relatives à l'établissement de cet état stable correspondent à des temps au bout desquels les divers éléments d'instabilité (inégalité de pression résultant de la dissymétrie spatiale du mouvement des constituants du gaz, inégalités de température etc.) se trouvent réduits, depuis leur valeur initiale, dans le rapport de l'unité à la base du logarithme naturel. En particulier, le temps de la relaxation mesure la durée au bout de laquelle l'inégalité de pression, existant au début de l'état instable, diminue dans le rapport précédent. En vertu de la théorie cinétique des phénomènes de transport cette durée de relaxation τ est le rapport du coefficient de viscosité γ du gaz à la pression P prise à l'état stable, cet état pouvant être celui qui précède l'état d'activation instable. Cette relation restera encore valable en statistique quantique aussi à

([1]) Cf. *Journal de Physique*, 7e série, 9, 1938, p. 262.

condition de définir le coefficient de viscosité conformément aux lois de la théorie quantique des collisions entre les particules du gaz, donc par l'intermédiaire des sections de choc quantiques entre protons, entre neutrons, ainsi qu'entre protons et neutrons libres, puisque le gaz intranucléaire pouvant servir de modèle limite est formé par ces particules. Comme la connaissance actuelle de ces sections de choc repose, à son tour, sur des modèles de force semi-empiriques, nous nous bornons ici à une évaluation indirecte du coefficient de viscosité χ en utilisant la relation approchée de la théorie cinétique

$$(1) \qquad \chi = \left(\frac{1}{3}\right) n m \bar{v} l,$$

où n est le nombre de particules dans l'unité de volume, m leur masse, supposée la même pour les protons et les neutrons, $\bar{v}$ est leur vitesse moyenne et l leur libre parcours moyen à l'état stable. Comme le gaz intranucléaire reste hautement dégénéré jusqu'à des énergies d'activation très élevées, nous prendrons pour $\bar{v}$ ou $(m\bar{v})$ l'impulsion moyenne au zéro absolu, donc $\pi p_0^4 V h^{-3}$, où p_0 est l'impulsion maximum des particules du gaz au zéro absolu, V est le volume nucléaire et h la constante de Planck. Pour le libre parcours moyen on dispose de deux valeurs limites, qui peuvent être considérées raisonnablement comme des limites inférieure et supérieure, respectivement. La limite inférieure serait la distance moyenne de deux particules dans le noyau. Avec la relation semi-empirique entre le volume nucléaire et le nombre de particules lourdes A qu'il contient,

$$(2) \qquad V = A V_0, \qquad R = A^{\frac{1}{3}} r_0,$$

où l'on a assimilé le noyau de volume V à une sphère de rayon R, la distance $2r_0$ représente approximativement la distance moyenne de deux particules. La connaissance des rayons nucléaires R implique celle de r_0 ; nous prendrons ici les rayons résultant de la loi limite de désintégration radioactive par particules alpha. La limite supérieure du libre parcours moyen peut être prise égale au diamètre 2R du noyau. Avec ces limites le coefficient de viscosité s'écrira

$$(3) \qquad A\chi_0 \leqq \chi \leqq A^{\frac{4}{3}} \chi_0, \qquad \chi_0 = \frac{3^{\frac{5}{3}}}{2^7 \pi^{\frac{5}{3}}} h r_0^{-3};$$

tenant compte de (1), (2), ainsi que de l'expression explicite $(3^{2/3}/4\pi^{2/3}) h r_0^{-1}$

de l'impulsion maximum p_0. La vie moyenne de l'état instable sera donc, avec la limite inférieure $A\chi_0$ et avec la pression P_0 du gaz intranucléaire au zéro absolu, donnée explicitement par $p_0^2(5mV)^{-1}$,

$$(4) \qquad \tau \doteq \left(\frac{5\pi^{\frac{2}{3}}}{2.3^{\frac{2}{3}}}\right) A m r_0^2 h^{-1} \sim 1{,}43.10^{-23} A \text{ sec},$$

avec les valeurs usuelles des constantes universelles m et h et avec r_0 déduit des rayons nucléaires de la manière indiquée plus haut. Cette vie moyenne serait, pour les noyaux relativement légers, du même ordre de grandeur que le temps de traversée de l'espace nucléaire par une particule lourde; pour les noyaux plus lourds elle est plus longue que ce temps. La quantité τ^{-1} représenterait la probabilité de transition par unité de temps d'un noyau activé depuis son état instable vers l'état d'activation stable du point de vue thermodynamique. On obtient une probabilité de transition du même ordre de grandeur pour les noyaux légers, mais une probabilité plus élevée pour la majorité des noyaux si au lieu de considérer le passage à l'état stable par l'intermédiaire du processus de disparition des inégalités de pression, on discute l'établissement de l'équilibre de température par la conduction de la chaleur. Il est vraisemblable que les durées de vie des états instables fournies par le modèle de gaz intranucléaire représentent des limites inférieures de ces temps nucléaires caractéristiques.

CAPILLARITÉ. — *Sur une nouvelle méthode de mesure de la tension superficielle des liquides.* Note de M. **Victor Naggiar**, présentée par M. Paul Langevin.

Le liquide à étudier est suspendu sur un trou circulaire percé dans un disque plan-parallèle de quelques millimètres d'épaisseur. La quantité de liquide est réglée de telle sorte que les deux surfaces libres de la goutte soient concaves.

Isolons autour de l'axe de révolution de la goutte un cylindre liquide de section infiniment mince. L'équation d'équilibre, suivant la verticale, s'écrit

$$2A\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) = \rho g e_0,$$

où A est la tension superficielle du liquide;

R_1 et R_2 les rayons de courbure au centre de chacune des surfaces libres;

ρ la densité du liquide;
g l'accélération de la pesanteur;
e_0 l'épaisseur de la goutte suivant son axe.

On mesure les rayons de courbure R_1 et R_2 des surfaces libres, utilisées comme surfaces réfléchissantes et l'épaisseur e_0, par pointés dans l'air des surfaces libres.

Le dispositif de mesure comprend deux microscopes placés verticalement, suivant l'axe de la goutte, de part et d'autre de celle-ci. La mesure des rayons de courbure s'effectue par autocollimation selon la méthode mise au point par M. Albert Arnulf ([1]) pour des surfaces sphériques employées en optique. Cette méthode donne le pointé du sommet de la surface étudiée; on en déduit l'épaisseur de la goutte suivant son axe par comparaison avec une lame plan-parallèle d'épaisseur connue en utilisant le même dipositif. Les positions des pointés des deux surfaces et des deux centres de courbure sont repérées au moyen d'un cathétomètre muni d'un microscope à oculaire micrométrique.

Voici, à titre d'exemple, les mesures effectuées sur du benzophénone à la température ambiante de 16°,5 (liquide surfondu); le disque plan-parallèle utilisé comme support de la goutte avait 2^mm^,6 d'épaisseur et le diamètre du trou était de 4^mm^. J'ai mesuré

e_0...... 1^mm^,825 R_1...... 3^mm^,80 R_2...... 23^mm^,52

d'où l'on tire

$$A = 44,1 \text{ dynes/cm} \pm 0,5,$$

en bon accord avec les mesures de Dutoit et Friederich ([2]).

Cette méthode a le double avantage de ne pas nécessiter la connaissance de l'équation des surfaces libres et de ne pas faire intervenir l'angle de raccordement du liquide avec les parois. Une vingtaine de milligrammes suffisent pour effectuer la mesure. La méthode se prête facilement à l'étude de la variation de la tension superficielle avec la température. La goutte avec son support sont alors disposés dans un four à double enceinte métallique dont la partie interne est isolée thermiquement de la partie externe, laquelle est chauffée électriquement. La température de l'enceinte interne

---

([1]) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1930; *Revue d'Optique*, 10, 1931, p. 22 et 69.
([2]) *Arch. Sc. phys.*, 4e série, 9, 1900, p. 105.

est mesurée par un thermocouple. Ce dispositif donne une température uniforme à 1/50e de degré près.

Cette méthode donne la tension superficielle des liquides avec une approximation de 1 pour 100.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la réalisation d'un générateur à haute tension et à grand débit.* Note de M. **André Raskin**, présentée par M. Charles Fabry.

Une réalisation d'un appareil à haute tension du type à poussières, système Pauthenier, a été précédemment décrite par Morand et Raskin [1].

Par suite de l'exiguïté du local, nous avons seulement obtenu, au moyen de cette installation, une différence de potentiel de 400000 V, mais avec un débit de 250 microampères pour un régime correspondant à une vitesse de 3000 t/m au ventilateur, dont le débit est d'environ 1$^{m^3}$ par seconde. L'installation en question a été perfectionnée de la manière suivante :

1° Au point de vue mécanique. *a*. La suspension du collecteur a été entièrement modifiée et est réalisée au moyen de tiges obliques isolantes munies d'articulations assurant une stabilité beaucoup plus grande et évitant les risques d'efforts anormaux dans les diverses pièces.

b. Les raccords des différents tubes entre eux ont également été modifiés. nous avons adopté des manchons en caoutchouc pouvant supporter une température de 140° sans se détériorer.

2° En utilisant le même ventilateur. Grâce à une nouvelle adaptation du circuit aérodynamique, deux ioniseurs ont été placés sur l'installation sans modifier notablement le débit d'air entraînant les poussières chargées, de sorte que l'on a pu doubler le débit électrique.

L'installation actuelle est, en effet, composée comme suit : sur la sortie du ventilateur est branché un tube vertical contenant le premier ioniseur, dans le prolongement de celui-ci un tube isolant conduit les charges au collecteur, où les poussières sont déchargées par un dispositif à pointes; le courant d'air traverse le collecteur en ligne droite et sort par un tube isolant vertical sur lequel est raccordé un tube en U ramenant vers le bas le courant d'air qui traverse, en descendant verticalement, successivement le deuxième ioniseur, un tube isolant, le collecteur où les

(1) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liége*, N°s 3-4, 1938, p. 176.

poussières sont déchargées par un deuxième dispositif à pointes, puis un dernier tube isolant, pour être finalement repris par le ventilateur.

Les résultats obtenus ont entièrement confirmé nos prévisions; la machine fournit 250 mA quand elle fonctionne avec un seul ioniseur et 500 mA quand les deux ioniseurs sont mis en service. La tension obtenue est comme précédemment de l'ordre de 400000 volts.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur le potentiel d'oxydation-réduction que développent les solutions de la vitamine C en présence d'oxygène.* Note [1] de M. **Nicolas Bezssonoff** et Mme **Mélanie Woloszyn.**

La constance des résultats qu'on obtient, en déterminant le potentiel d'une solution de vitamine C exposée à l'air, dépend essentiellement de trois facteurs : la pureté de la surface de l'électrode de platine, la composition du tampon et l'état de l'atmosphère. Nous avons utilisé un fil de platine neuf qui fut, après nettoyage à sec, soumis pendant 6 heures à l'action de l'eau bidistillée bouillante. La solution tampon (pH 2,6) fut préparée en ajoutant à 50^{cm^3} d'une solution de PO^4H^2K (N/20) 2^{cm^3} de PO^4H^3(N/5). La pression barométrique favorable à la constance des résultats s'est révélée comprise entre 750 et 760^{mm}.

Les mesures du potentiel, effectuées dans ces conditions, en opérant à $20°(\pm 1°)$ avec des solutions fraîches d'acide ascorbique synthétique, ont permis d'établir les équations

$$(1) \qquad E_1 = 0,2925 \text{ volts} - 0,0582 \log C^{0,46},$$

$$(2) \qquad E_1 = 0,309 \text{ volts} - 0,0582 \log \left(\frac{C^{0,46}}{C^{2,17} + 0,52}\right).$$

La première est valable pour les concentrations $\leq$ N/10, la deuxième pour toutes les concentrations. Dans ces équations, E_1 signifie le potentiel de la solution exprimé dans l'échelle d'hydrogène et C la concentration molaire de la vitamine. La première équation s'approche du type d'une équation thermodynamique, aussi $0,0582 \log C^{0,46}$ doit signifier $(R.T./F) \ln C^{0,46}$.

La courbe I (voir le graphique) représente la variation du potentiel indiquée par l'équation (2). Les points expérimentaux correspondants se

[1] Séance du 13 juin 1938.

rapportent à toutes les déterminations que nous pûmes faire entre le 9 février et le 25 avril.

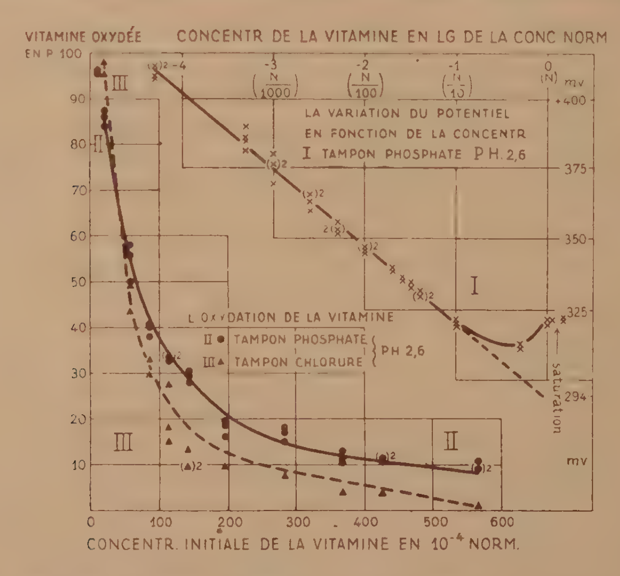
D'autre part, nous avons étudié l'oxydation à l'air libre de la vitamine en fonction de sa concentration, en la dissolvant dans le tampon au phosphate précité et dans un tampon également ajusté au pH 2,6, mais constitué par le mélange d'un litre de ClK (N/10) et de 20^{cm^3} ClH (N/20). Ces solutions furent laissées au repos pendant 24 heures à la température de 37° et titrées à l'iode (N/100) [2]. Les équations suivantes ont permis de calculer respectivement les quantités de vitamine oxydée, en présence du phosphate et du chlorure :

$$(3)\qquad (E_1 - 0,3524).42 + \frac{0,00047}{0,3654 - E_1} = \log\left(\frac{C_{ox.}}{C_{réd.}}\right),$$

$$(4)\qquad (E_1 - 0,359).44 + \frac{0,0022}{0,3654 - E_1} + \frac{0,0004}{0,3258 - E_1} = \log\left(\frac{C_{ox.}}{C_{réd.}}\right).$$

$C_{réd.}$ signifie la concentration de l'acide ascorbique intact, $C_{ox.}$ celle de la vitamine oxydée et E_1 le potentiel des solutions fraîches dans le tampon au phosphate et à la température de 20°.

Les courbes II et III montrent la correspondance entre les quantités de



vitamine oxydée calculées d'après les équations (3) et (4) et obtenues expérimentalement.

Ainsi $C_{ox.} = (f)C$ se laisse remplacer par $C_{ox.} = (F)E_1$. On ne peut

le faire que si la fonction $(f)C = E_1$, telle que la caractérisent nos mesures du potentiel, correspond à la réalité.

Nous avons montré précédemment [2] qu'en solutions très diluées la vitamine s'oxyde en fixant au moins un atome d'oxygène par molécule. La forme à demi oxydée (vitamine — H) apparaît régulièrement et tend même à devenir prépondérante, quand la concentration dépasse 0,02N. Ces données peuvent en partie expliquer la brusque diminution de l'activité de la vitamine qui se produit en solutions très concentrées, ainsi qu'en témoignent les mesures potentiométriques. Toutefois ces mesures se rapportent à des solutions pratiquement dépourvues de vitamine oxydée. D'ailleurs, d'après les équations (1) et (2), le potentiel ne dépend que de la concentration de l'acide ascorbique intact. La réaction entre la vitamine et l'oxygène présent dans l'eau, $O^2.H^2O$, se limiterait donc à un échange d'électrons qui déterminerait le potentiel du platine, mais dont l'effet chimique immédiat serait négligeable. Dans ce cas le potentiel normal doit signifier l'équilibre entre l'activité de la vitamine et de l'oxygène. D'après l'équation (2), ce potentiel mesure $+0,309$ volt et se trouve conditionné par une concentration de l'acide ascorbique voisine de 0,4N.

La constante de la première équation, $+0,292$ volt, indique un potentiel non réalisable dans les conditions de nos expériences. Il est proche de celui que développe, en atmosphère d'azote, une solution d'acide ascorbique oxydé à moitié par l'iode. Ce dernier, rapporté au pH 2,6 et à la température de 20°, en se fondant sur les mesures de Borsook, de Wurmser et de Ball, atteindrait respectivement environ $+0,274$, $+0,263$ ou $+0,245$ volt.

PIÉZOÉLECTRICITÉ. — *Sur la vitesse de propagation des ondes élastiques dans les cristaux piézoélectriques.* Note de M. **Ernest Baumgardt**, présentée par M. Paul Langevin.

Considérons une lame mince d'un solide homogène et isotrope, parcourue par des ondes élastiques longitudinales, dirigées suivant son épaisseur *e*. Leur vitesse de propagation sera

$$v = \sqrt{\frac{E'}{\theta}},$$

(2) En ce qui concerne la technique détaillée, voir M. Bezssonoff et Mme Woloszyn, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 20, 1938, p. 93.

ρ étant la densité du corps et E' un coefficient élastique du genre *module d'Young*. La fréquence propre correspondante de la plaque sera

$$f = \frac{1}{2e}\sqrt{\frac{E'}{\rho}}. \tag{1}$$

De certaines mesures que nous avons publiées récemment [1], il ressort que, pour les lames minces,

$$E' = c_{11},$$

où $\varepsilon_i = \Sigma c_{ik} p_i$ décrit la déformation relative $\vec{\varepsilon}$ comme fonction linéaire de la tension intérieure $\vec{p}$.

Dans les corps isotropes, on a

$$c_{11} = \lambda + 2\mu = E\frac{1-m}{(1+m)(1-2m)}, \qquad E = \frac{1}{s_{11}}, \tag{2}$$

E et m étant respectivement le module d'Young et le coefficient de Poisson, λ et μ les coefficients de Lamé, $p_i = \Sigma s_{ik} \varepsilon_k$ décrivant la tension $\vec{p}$ comme fonction linéaire de la déformation relative $\vec{\varepsilon}$.

Dans les cristaux, par contre, (2) n'est plus valable et l'on calcule c_{ik} suivant la relation $c_{ik} = S_{ik}/D$, donc

$$C_{11} = \frac{S_{11}}{D}, \tag{2a}$$

D étant le déterminant du tenseur (s_{ik}) et S_{ik} étant le déterminant adjoint de s_{ik}. En utilisant pour le cas du quartz, important comme étalon de fréquence, la valeur adiabatique $c_{11} = 85{,}45 \cdot 10^{10}$ dynes-cm^{-2}, d'après Voigt [2] et en adoptant $\Theta = 2{,}653$ g-cm^{-3} comme densité du quartz, on trouve, suivant (1),

$$f \times e = 283{,}8 \text{ kilocycles}.$$

Maintes recherches systématiques ont abouti à des valeurs de $f \times e$ variant entre 285,9 et 287,5, la valeur généralement admise étant 287,0. Par contre, Bergmann [3] trouve une diminution notable de la fréquence propre d'une lame carrée seulement deux fois plus longue qu'épaisse. Quant aux plaques minces, c'est à tort que Bergmann attribue la totalité de la différence subsistante aux erreurs de mesure.

---

(1) E. Baumgardt, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1284.

(2) *Lehrbuch der Kristallphysik*, Leipzig et Berlin, 1928, p. 716, 754 et 789.

(3) *Annalen der Physik*, **21**, 1934, p. 553.

En effet, les charges en volume, créées dans le quartz vibrant par la variation dans l'espace du vecteur de la polarisation, tendent à augmenter E' et par conséquent v et f.

Calculons ces grandeurs en supposant que la plaque vibre suivant son épaisseur sous l'impulsion d'une force extérieure $-p_x$. Soit encore

$$y = y_0 \sin \frac{2\pi x}{\Lambda} \sin \omega t$$

le déplacement, le plan de milieu du quartz étant choisi comme plan d'origine, Λ la longueur d'onde élastique, $s = -dy/dx$ la condensation, ω la fréquence, d_{11} la constante piézoélectrique en question, c_{11} et c_{12} des coefficients élastiques adiabatiques et h le champ électrique.

Appliquons la loi de Lippmann sur le champ électrique relié au tenseur des tensions internes

$$s = \frac{1}{c_{11}} p - d_{11} h,$$

écrivons l'équation générale de la dynamique

$$-\frac{dp}{dx} = \Theta \frac{d^2 y}{dt^2}$$

et utilisons les relations

$$-\mathrm{P}_x = d_{11}(c_{11} - c_{12}) \frac{dy}{dx}, \qquad \rho = -\operatorname{div} \mathrm{P}_x,$$

où $\vec{\mathrm{P}}$ est la polarisation et ρ la densité d'électricité en volume. Nous aboutissons à l'équation

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{\Theta}{c_{11}\left[1 + \frac{4\pi d_{11}(c_{11} - c_{12})}{\mathrm{K}}\right]} \frac{d^2 y}{dt^2}, \tag{3}$$

où K est la constante diélectrique. La densité de surface σ apparaît bien dans l'expression de h, mais $d\sigma/dx$ étant zéro, on n'a pas besoin de calculer σ. Ainsi on trouve

$$v = \sqrt{\frac{c_{11}\left[1 + \frac{4\pi d_{11}(c_{11} - c_{12})}{\mathrm{K}}\right]}{\Theta}},$$

et à cette vitesse corrigée correspond un produit

$$f \times e = 285{,}2 \text{ kilocycles},$$

en adoptant $6{,}4 \cdot 10^{-8}$ comme valeur de d_{11} et $4{,}5$ comme valeur de K,

cette précision étant suffisante pour le calcul d'un terme correctif assez petit. Les valeurs expérimentales de f ~ e sont comprises entre 285,9 et 287,5 kilocycles. Il paraît légitime d'admettre que la petite différence toujours subsistante entre théorie et expérience est la conséquence de la précision insuffisante du coefficient c_{44}. En effet, les c_{ik} se calculent à partir des s_{ik} et dans le cas du quartz, 6 coefficients s_{ik} différents entrent dans le calcul de c_{44}.

Le mode de calcul esquissé permet de trouver la correction piézoélectrique de la vitesse des ondes élastiques cheminant dans toutes les directions possibles d'une lame ou d'un bâton taillé n'importe comment dans un cristal piézoélectrique quelconque.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques des substances cholestériques stratifiées.* Note de M. **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Je me suis proposé de faire une étude quantitative concernant la longueur d'onde, l'intensité et l'état de polarisation de la lumière transmise et de la lumière diffusée par des esters du cholestérol à structure stratifiée.

Les mesures ont porté sur des préparations dont l'épaisseur uniforme, mesurée optiquement, variait entre 1^{μ} et 50^{μ}. Le plus souvent, l'étude de la lumière polarisée a été faite en mesurant, en fonction de la longueur d'onde, les déformations de franges données par des compensateurs de Babinet ou de Sénarmont; les lames d'épaisseur très faible ont pu être étudiées au moyen d'un analyseur à pénombres.

La nécessité d'obtenir des stratifications stables, régulières sur une grande étendue, donnant des couleurs uniformes et auxquelles l'œil soit suffisamment sensible, ne m'a permis d'étudier complètement que deux esters : le propionate et le cinnamate. Mais l'étude moins détaillée d'autres esters : butyrate, pélargonate, caprate, benzoate, a montré des phénomènes assez analogues pour que l'on puisse croire à la généralité des résultats suivants, qui précisent ou rectifient des propositions connues.

1. Les radiations diffusées dans une direction normale à la couche stratifiée forment une bande spectrale large de $20^{m\mu}$ environ, dont l'intensité passe par un maximum vers le centre, pour une longueur d'onde Λ.

2. La lumière diffusée de longueur d'onde Λ est polarisée circulairement, quelle que soit l'épaisseur de la couche.

3. La lumière transmise est polarisée elliptiquement dans le domaine

spectral qui correspond à l'ensemble des radiations diffusées. L'ellipticité passe par un maximum pour une longueur d'onde qui coïncide avec Λ.

4. L'ellipticité de la lumière transmise de longueur d'onde Λ croît régulièrement de 0 à 1, quand l'épaisseur de la couche augmente. La vibration transmise n'est circulaire que pour une épaisseur suffisante, qui dépend de la nature du corps étudié (10^{μ} pour le cinnamate, 20^{μ} pour le propionate). On peut rendre compte quantitativement des mesures, en supposant que les stratifications diffusent sélectivement les vibrations circulaires gauches. Il semble que les substances dont le coefficient de diffusion est grand sont celles qui montrent nettement les plans de Grandjean.

5. On sait que le pouvoir rotatoire devient très grand pour les radiations diffusées. Toutefois, la rotation ne croît pas indéfiniment : elle atteint un maximum, puis passe avec continuité du positif au négatif, en s'annulant pour la longueur d'onde Λ. Le signe de la rotation est relié à celui de l'ellipticité de la lumière transmise par la règle de Natanson.

6. Le pouvoir rotatoire des esters du cholestérol varie entre 500° et 10000° par millimètre, selon la longueur d'onde et selon la nature de la substance.

7. Un champ magnétique de 15000 gauss, dont les lignes de force sont parallèles ou normales aux stratifications, n'exerce aucune action mesurable, ni sur la position de la longueur d'onde Λ, ni sur les valeurs de la rotation ou de l'ellipticité de la lumière transmise.

SPECTROSCOPIE. — *Sur un spectromètre à réseau à fils pour l'étude de l'infrarouge lointain.* Note de MM. **Pierre Barchewitz** et **Maurice Parodi**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous sommes servis comme récepteur d'un radiomicromètre déjà utilisé pour l'étude de l'infrarouge par la méthode des rayons restants et monté par l'un de nous [1]. Ce radiomicromètre est placé sur une suspension de Julius pour éviter les perturbations d'origine mécanique, et il est convenablement calorifugé par diverses enveloppes de liège, d'amiante et de bois contreplaqué.

---

[1] M. Parodi, *Thèse de Doctorat*, Paris, 1938.

Nous avons adapté au montage réalisé pour les rayons restants, un spectromètre à miroirs et à réseau plan à fils.

1. *Spectromètre.* — L'énergie provenant d'un bec Auer est concentrée sur une fente, large de 6mm, au moyen d'un miroir concave. La lumière, sortant de la fente, est reçue sur un premier miroir donnant, après réflexion, un faisceau parallèle; ce faisceau tombe ensuite sur le réseau de fils, enfin, sur un deuxième miroir, ayant 70cm de distance focale. Une seconde fente délimite une certaine région spectrale occupant environ 2μ dans le spectre. L'énergie est ensuite concentrée dans le cône du radiomicromètre au moyen de deux miroirs. Tous les miroirs ont été dorés par projection cathodique.

Nous avons été conduits à placer à la sortie du spectromètre, immédiatement après la fente de sortie, un cône permettant uniquement de canaliser l'énergie calorifique vers le radiomicromètre. L'introduction de ce cône a sensiblement doublé les déviations de l'équipage mobile de ce dernier.

2° *Réseau plan.* — Le réseau que nous avons construit est constitué par des fils de cuivre de 0mm,25 de diamètre, parallèles entre eux, et distants de 0mm,25. Le nombre total des traits est environ de 200. Son pouvoir de résolution est nettement supérieur à la précision des mesures.

Il a été construit en enroulant le fil de cuivre sur deux tiges filetées de 20mm de diamètre et de pas 0mm,5. Tous les fils ont été ensuite soudés, puis on a supprimé ceux correspondant à une face de façon à obtenir un réseau unique. Des vis de serrage permettent d'obtenir des tensions suffisantes pour rendre parfaite l'équidistance entre les fils.

3° *Écrans.* — Un tel réseau donne un grand nombre de spectres, celui du premier ordre, seul, est utilisé; on place pour cela un certain nombre d'écrans : deux écrans de paraffine et un écran de quartz, de façon à éliminer l'infrarouge proche dans de grandes proportions. L'écran de quartz a été réalisé en déposant du quartz pulvérisé sur une plaque de paraffine de 1mm d'épaisseur.

Les substances à étudier sont également déposées sur des plaques de paraffine; les mesures d'absorption sont faites en valeur absolue : on mesure à cet effet, d'abord la déviation du spot du radiomicromètre en interposant un écran de paraffine identique au support du corps, puis celle qui se produit quand on interpose la plaque de paraffine supportant le corps. Le rapport des deux déviations donne la transmission.

4° *Mesure des déviations.* — Les déviations sont mesurées à l'aide d'une

lunette donnant l'image d'une règle graduée après réflexion sur le miroir du radiomicromètre. La mesure des déviations peut se faire à 2/10[e] de millimètre près, en tenant compte des erreurs dues à la dérive.

5° *Graduation du spectromètre.* — Le spectromètre a été étalonné en longueurs d'onde, en se servant de la formule générale des réseaux. Nous avons contrôlé l'étalonnage en nous servant des bandes connues (2) de CaF^2, CaO, C^6Cl^6.

Ce spectromètre permet d'étudier actuellement une région spectrale s'étendant de 20 à 100 μ environ. La précision des mesures est de l'ordre de 1 μ, la fente occupant environ 2 μ dans le spectre; les déviations sont toujours de l'ordre du centimètre, ce qui permet de faire des calculs de transmission avec une précision supérieure à 5 pour 100.

SPECTROSCOPIE. — *Méthode expérimentale pour la comparaison de l'absorption de la lumière par la basse atmosphère et par l'atmosphère totale.* Note (1) de M[me] **Arlette Vassy** et M. **Étienne Vassy**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous nous sommes d'abord proposé de déterminer en fonction de la longueur d'onde la densité optique de l'air situé au voisinage du sol. Buisson, Jausseran et Rouard (2) avaient donné des valeurs pour les longueurs d'onde des raies du mercure et du cuivre comprises entre 5780 et 1855 Å. Mais, afin de voir se détacher les bandes d'absorption des constituants de l'atmosphère, nous avons employé des sources lumineuses donnant un spectre continu; et pour avoir de la précision dans le visible et l'infrarouge, nous avons été conduits à faire porter les mesures sur une grande épaisseur d'air.

Dans ce but, nous avons opéré de la façon suivante. En S se trouve une lampe à incandescence de 2 kW (6000 bougies environ) alimentée par un courant maintenu constant. En A, situé à une distance de S égale à *a*, on photographie avec un noircissement convenable un spectre de cette source au moyen d'un spectrographe à prisme objectif et lentille inclinée du type de Chalonge et Vassy (3).

(2) Maurice Parodi, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 337; 206, 1938, p. 1717.

(1) Séance du 13 juin 1938.

(2) *Revue d'Optique*, 12, 1933, p. 70.

(3) *Revue d'Optique*, 13, 1934, p. 113.

On rapproche rapidement le spectrographe de la source; on l'amène en B, à la distance b de S, et l'on prend un second spectre qui, pour présenter également un noircissement convenable, nécessite une durée d'exposition notablement plus courte qu'en A. Pour connaître l'absorption par l'épaisseur d'air a-b, il faut comparer pour les différentes longueurs d'onde les spectres obtenus en A et en B.

Pour cela, on compare chacun d'eux à une source de référence, en l'espèce une lampe à ruban de tungstène placée au foyer d'une lentille, dont on peut faire varier dans des rapports déterminés le flux utilisé en plaçant sur la lentille des diaphragmes circulaires de diamètres connus. On fait ainsi deux gradations de la plaque avec des durées d'exposition qui sont respectivement celles des spectres obtenus en A et en B.

Si, pour une longueur d'onde donnée, I est l'intensité de la source, en A l'éclairement est $I/a^2 . 10^{-\alpha a}$, α étant le coefficient d'absorption de l'air; il est aussi égal à l'éclairement de la source de référence, affaibli dans un rapport K, déterminé d'après la courbe de gradation correspondante $I/a^2 . 10^{-\alpha a} = KE$.

De même, pour le spectre obtenu en B, $I/b^2 . 10^{-\alpha b} = K'E$. On déduit de là $\alpha = (1/a - b)(\log K' - \log K - 2 \log a/b)$.

Cette façon de procéder présente les avantages suivants :

1° aucune erreur de réglage ou d'orientation de faisceau n'est à craindre; seule intervient la loi de l'inverse carré de la distance;

2° la distance a est ainsi relativement courte par rapport à la distance utile $a - b$. Ainsi, nous avions dans une série de mesures $a = 24^{\text{km}},042$ et $b = 5^{\text{km}},708$;

3° les spectres obtenus à la grande et à la petite distance ont des noircissements comparables, ce qui présente un gros intérêt pour l'étude au microphotomètre enregistreur;

4° la gradation, dont la durée est assez longue, étant faite sur une distance très courte, on est ainsi à l'abri des variations locales de transparence atmosphérique.

Pour l'ultraviolet, ne disposant pas de source assez puissante pour employer la même méthode, nous avons fait des mesures en valeur relative. Le principe de la méthode a déjà été décrit (¹) : la source (tube à hydrogène) est placée au foyer d'une lentille et la gradation s'effectue à la courte distance. On détermine ainsi pour les différentes longueurs d'onde

---

(¹) CHALONGE et VASSY, *Journal de Physique*, 5, 1934, p. 309.

l'absorption de l'atmosphère à un terme constant près; comme l'absorption pour la région spectrale autour de 4000 Å est connue en valeur absolue par la première méthode, il est facile de déterminer ce terme constant.

Le même spectrographe, placé sur une monture équatoriale, et observant Véga et Sirius pour différentes distances zénithales, nous a permis d'obtenir l'absorption par l'atmosphère totale suivant la verticale en employant la méthode classique de Bouguer-Langley dont l'adaptation a déjà été décrite ([5]). La gradation de la plaque était effectuée dans les mêmes conditions que pour la basse atmosphère, avec la lampe à ruban ou le tube à hydrogène suivant la région spectrale. Les spectres étant obtenus avec la même dispersion pouvaient donc se prêter à une comparaison rigoureuse.

Il restait à s'assurer de la rigueur du procédé de gradation employé. Nous donnerons le détail des vérifications dans un autre Recueil.

Des mesures de l'absorption par la basse atmosphère et par l'atmosphère totale ont été effectuées suivant cette méthode de juin à octobre 1937 autour de la station météorologique de l'Institut scientifique chérifien à Ifrane (Moyen-Atlas), à l'altitude de 1635 mètres. Nous en donnerons prochainement les résultats.

PHYSIQUE ATOMIQUE. — *Spectre X et structure du cuivre et du nickel dans certains alliages* Cu-Ni. Note de MM. **Jules Farineau** et **Max Morand**, présentée par M. Charles Fabry.

L'un de nous a montré récemment ([1]) que l'étude de la répartition de l'intensité dans les raies larges L_α des métaux de la série Zn-Fe permettait de déterminer les largeurs des bandes d'énergie occupées par les électrons $3d$ de ces métaux pris à l'état solide. Le résultat obtenu montrait que la couche $3d$ du cuivre est complète et contient 10 électrons, alors que la couche $3d$ du nickel n'en contient que 9,4; résultat en excellent accord avec celui déduit de l'étude du magnétisme de ces corps.

Nous avons étudié, par le même mode expérimental, les raies L_α du cuivre et du nickel émises par les alliages à 40 pour 100 (constantan) et à 25 pour 100 de nickel. La raie du cuivre ne présente pas de différence

([5]) Barbier, Chalonge et Vassy, *Journal de Physique*, 6, 1935, p. 137.

([1]) Farineau, *Thèse*, Paris, 1938

appréciable avec celle du métal pur. La raie du nickel est, par contre, dans ces deux alliages, *plus étroite* que celle du métal pur, bien que la couche $3d$ contienne maintenant 10 électrons [2].

La raie du constantan présente un bord assez net du côté des courtes longueurs d'onde (compte non tenu des satellites) à peu près identique, comme position et forme, à celui du nickel pur. Du côté des grandes longueurs d'onde, la courbe d'intensité décroît lentement, en restant en moyenne à environ 0,4 eV de la courbe du nickel pur, sauf au voisinage du maximum.

La raie de l'alliage à 25 pour 100 est située entièrement à l'intérieur de la raie du métal pur, les deux bords étant déplacés chacun en moyenne d'environ 0,5 V, vers l'intérieur de la raie.

Le fait de remplacer, dans un cristal de nickel, sans changer le système cristallin, certains atomes de nickel par des atomes de cuivre a donc pour effet non seulement de rendre complète la couche $3d$ des atomes de nickel, mais encore de *diminuer la largeur de la bande d'énergie* $3d$, ce dernier résultat étant le même que celui qu'on pourrait attendre théoriquement d'une suppression pure et simple de certains atomes dans le nickel pur.

Un cas qui doit être tout à fait l'analogue des alliages Cu — Ni est celui du cuivre où l'on a remplacé un certain nombre d'atomes de cuivre par des atomes de zinc sans changer le réseau cristallin du cuivre (laiton α).

Nous avons effectivement observé une diminution de la largeur de la raie L_α du cuivre d'environ 0,3 V sans que la raie du zinc soit notablement modifiée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques circonstances de la co-précipitation du bromure et du chromate d'argent.* Note de Mlle **Suzanne Veil**.

L'étude sous deux dimensions, dans la gélatine, de la co-précipitation de deux sels au moyen d'un même réactif, est susceptible de trahir des particularités qui échappent à l'observation ordinaire en milieu aqueux. Son application à la co-précipitation du bromure et du chromate d'argent laisse dégager deux ordres de constatations.

1° Elle conduit à l'observation de phénomènes de morphocatalyse-rythmicite empruntée par une précipitation donnée en présence d'une précipita-

(2) C. F. Mott et Jones, *Properties of metals and alloys*, Oxford, 1936.

tion à rythmicité propre, phénomènes récemment signalés par Liesegang[1]. Elle suggère, dans le cas examiné, une interprétation de ces phénomènes.

2° Elle permet, à propos d'un unique produit de réaction, la discrimination d'une double genèse, et le triage effectif des deux termes concernés.

L'essai consiste à déposer, sur de la gélatine imprégnée de nitrate d'argent, une goutte d'un mélange convenable de bromure et du bichromate de potassium. Après un certain temps, la goutte se trouve cernée d'une auréole accusant, en deux régions successives distinctes, l'un et l'autre des produits de réaction ; à savoir le bromure d'argent en une zone intérieure compacte sensible à la lumière, et le chromate d'argent en une couronne lacunaire d'anneaux de Liesegang rougeâtres. Un peu plus tard, la zone blanchâtre se stratifie à son tour dans sa région périphérique.

La diffusion du bichromate de potassium de la goutte devance constamment, en effet, celle du bromure. Les anneaux de chromate d'argent, une fois constitués, sont rejoints par le bromure de potassium en diffusion. Dès lors, ils se trouvent à la fois, et submergés d'une gaine de bromure d'argent formé au sein du gel, et attaqués par le bromure de potassium lui-même. Cette dernière attaque, qui les fait passer plus ou moins complètement à l'état de bromure d'argent, reste toutefois sans effet sur leur localisation à l'égard du milieu ambiant. D'où la morphocatalyse, qui amène le bromure d'argent à s'accumuler précisément dans les sillons précédemment marqués par le chromate, c'est-à-dire à se stratifier indirectement à son tour. On vérifie que dans leur ensemble, du strict point de vue morphologique, anneaux, tant blanchâtres que rougeâtres, ne constituent qu'un seul et même système de Liesegang.

La libération de chromate de potassium, à la faveur de la même attaque, provoque encore un effet secondaire supplémentaire. Dans sa diffusion ultérieure au sein du gel, le sel libéré agit sur le nitrate d'argent incorporé, pour donner naissance à un second système d'anneaux de Liesegang. Ce second système, distinct du premier, est susceptible de venir surcharger de marbrures la zone de bromure d'argent contiguë à la goutte.

Ainsi, dans l'ensemble du chromate d'argent précipité, l'essai discerne et sépare sans ambiguïté celui qui est directement fourni par la mise en présence des réactifs initiaux, et celui qui est indirectement engendré en cours de réaction. La séparation est d'un tout autre ordre que toutes celles que l'on sait réaliser en milieu aqueux.

---

(1) *Koll. Zeitsch.*, **81**, 1937, p. 1.

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude des halogénocarbonates de magnésium.* Note de Mme **Léone Walter-Lévy**, transmise par M. Georges Urbain.

L'étude de la réaction du bicarbonate de magnésium ou du bicarbonate de potassium sur les solutions très concentrées de chlorure de magnésium a permis d'isoler, à la température ordinaire, le chlorocarbonate neutre Cl^2Mg, CO^3Mg, $7H^2O$ (¹) et à l'ébullition le chlorocarbonate basique Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $Mg(OH)^2$, $6H^2O$ (²). Nous avons pu mettre en évidence un deuxième chlorocarbonate neutre en effectuant la même réaction à des températures intermédiaires.

Ce chlorocarbonate a été défini en déterminant des paliers de composition fixe des phases solides en fonction de la température et de la concentration des réactifs.

Des quantités variables de solution de bicarbonate de magnésium ont été introduites goutte à goutte dans des mélanges à proportions variables d'eau et de chlorure de magnésium, maintenus à température constante.

La réaction a été effectuée à des températures variant de 0° à la température d'ébullition des solutions. La durée de la réaction a été fixée de manière à obtenir des précipitations complètes.

Les précipités obtenus ont été lavés à l'alcool, séchés sur de l'acide sulfurique, puis analysés chimiquement et examinés à l'aide de rœntgenogrammes.

Les résultats obtenus sont groupés dans le tableau qui suit et dans lequel les lettres $C_I Cl$, $C_{II} Cl$ et E désignent les spectres de rayons X caractéristiques des trois chlorocarbonates. Ces résultats montrent que le nouveau chlorocarbonate répond à la formule Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $6H^2O$.

Ce composé prend naissance, comme les deux autres chlorocarbonates, à partir de solutions très concentrées de chlorure de magnésium (4 à 5 mol/litre).

Les zones de formation des trois chlorocarbonates sont fonction de la température et de la concentration des réactifs, 70° restant la température optimum pour la préparation du sel Cl^2Mg, $2CO^3Mg$, $6H^2O$. En ce qui concerne la concentration finale 5 mol/litre, la zone de formation du composé Cl^2Mg, CO^3Mg, $7H^2O$ s'étend jusqu'à 50°, au-dessus vient celle

(¹) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 1405.

(²) Mme L. Walter-Lévy, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1943.

du composé $Cl^2Mg, 2CO^3Mg, 6H^2O$; à partir de 100° apparaît le sel basique $Cl^2Mg, 2CO^3Mg, Mg(OH)^2, 6H^2O$.

Le nouveau chlorocarbonate neutre a même formule, au degré d'hydratation près, que les bromo et iodocarbonates que nous avons pu isoler, en faisant réagir à la température ordinaire une solution de bicarbonate sur du bromure et de l'iodure de magnésium. Les résultats donnés ci-après permettent en effet d'attribuer à ces halogénocarbonates les formules $Br^2Mg, 2CO^3Mg, 8H^2O$ et $I^2Mg, 2CO^3Mg, 8H^2O$.

…position de la solution initiale.						Examen des précipités.			
	Volume d'eau et de solution de bicarbonate ajoutées à 1kg du sel.		Concentration finale en sel de magnésium.	Température de la réaction.	Durée de la réaction.		Composition chimique		
…ture … sel …gnésium.	Eau.	$(CO^3H)^2Mg$ à 0,35 mol/l.				Spectre X.	$\frac{CO^2}{Mg}$.	$\frac{R^2}{Mg}$. (a)	$\frac{H^2O}{Mg}$.
	cm³	cm³	mol/l.	°					
	250	250	4,3	0	2 j.	C_I Cl	0,494	0,501	3,64
	200	200	4,8	20	2 j.	C_I Cl	0,498	0,502	3,52
	200	200	4,8	40	1 j.	C_I Cl	0,499	0,504	3,53
	150	150	5	45	2 h.	C_I Cl	0,537	0,449	2,64
	150	150	5	50	2 h.	C_I Cl	0,639	0,386	2,16
	150	150	5	55	2 h.	C_{II} Cl	0,658	0,333	2,13
…g, $6H^2O$.	150	150	5	60	2 h.	C_{II} Cl	0,664	0,333	2,07
	150	150	5	70	1 h.	C_{II} Cl	0,657	0,334	2,02
	200	200	4,8	70	1 h.	C_{II} Cl	0,658	0,334	2,05
	250	250	4,3	70	1 h.	C_{II} Cl	0,648	0,334	2,08
	150	150	5	80	1 h.	C_{II} Cl	0,649	0,339	2,07
	150	150	5	90	1 h.	C_{II} Cl (b)	0,666	0,288	1,66
	150	150	5	100	1 h.	C_{II} Cl (b)	0,620	0,314	1,59
	150	150	5	138–126	1 h.	E	0,494	0,235	1,68
…en plaques.		200		20	1 mois	C_{II} Br	0,665	0,336	2,65
	100	100	3,8	20	1 mois	C_{II} Br	0,661	0,331	2,68
…ulvérulent.		200		20	1 mois	C_{II} I	0,656	0,321	2,82
	200	200	2,9	20	1 mois	C_{II} I	0,664	0,333	2,70
…$O^3)^2Mg$		400		20	1 mois	$C_{II}ClO^3$	0,664	0,334	2,64
…plaques.	200	200	3,9	20	1 mois	$C_{II}ClO^3$	0,665	0,332	2,69
…Mg, $6H^2O$.		500		20	1 mois	$C_{II}NO^3$	0,665	0,330	2,66
	250	250	3,2	20	1 mois	$C_{II}NO^3$	0,671	0,332	2,71

… désigne les halogènes Cl, Br, I ou les radicaux ClO^3 et NO^3.

…u spectre $C_{II}Cl$ s'ajoute une raie ayant même disposition qu'une raie intense du spectre E.

Des sels analogues peuvent se former à partir de sels très solubles de magnésium, autres que les halogénures : nous avons pu, en effet, obtenir le chloratocarbonate $(ClO^3)^2Mg$, $2CO^3Mg$, $8H^2O$ [3] et le nitratocarbonate $(NO^3)^2Mg$, $2CO^3Mg$, $8H^2O$.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'hydrogène sur les carbures de fer et de chrome.* Note de M. **Léon Jacqué**, présentée par M. Georges Charpy.

J'ai fait connaître antérieurement [1] quelques observations sur le mécanisme de la décarburation de divers aciers sous l'action de l'hydrogène chaud sous pression et sur les modifications subséquentes des propriétés mécaniques de ces aciers.

J'ai vérifié que l'élimination par l'hydrogène du carbone des aciers courants se produit principalement lorsque le carbone se trouve combiné à l'état de cémentite libre et que la réaction ne se produisait pas dans les aciers doux contenant une proportion de chrome suffisante, 3 à 6 pour 100 par exemple et ne contenant, par contre, que des proportions négligeables de nickel. Cette résistance des aciers au chrome a été couramment attribuée à ce que les petites quantités de carbone présentes se trouveraient alors retenues par le chrome à l'état de composés inattaquables par l'hydrogène.

Il m'a donc paru intéressant de comparer l'action de l'hydrogène dans diverses conditions de température et de pression, sur les composés définis qui seraient susceptibles de subir une décarburation dans ces conditions. Mes premiers essais ont porté, d'une part, sur le carbure de fer ou cémentite (Fe^3C.), d'autre part, sur des carbures de chrome.

Le carbure Fe^3C peut être isolé, comme l'on sait, par attaque acide ou par dissolution anodique en milieu acide des alliages de fer ; récemment, Travers et Diebold [2] ont donné une mise au point perfectionnée de cette technique. Une autre méthode de préparation due à G. Charpy [3] et

(3) La dessiccation à poids constant du chloratocarbonate a été obtenue par simple exposition à l'air, alors que les autres sels mixtes ont été desséchés sur de l'acide sulfurique, comme l'ont été les chlorocarbonates neutres.

(1) *Comptes rendus,* **195**, 1932, p. 878 ; **203**, 1936, p. 936.

(2) *Comptes rendus,* **205**, 1937, p. 916.

(3) *Comptes rendus,* **136**, 1903, p. 1000.

reprise récemment par Pingault ([4]), consiste à faire agir sur du fer pur du cyanure de potassium ou de sodium fondu, à 650°.

J'ai utilisé du carbure préparé par cette dernière méthode et qui contient 6,67 pour 100 de C, ce qui correspond exactement au titre théorique.

Les carbures de chrome ont été également préparés par synthèse, par action à haute température de carbone pur sur du chrome électrolytique, suivant la technique décrite par Testut ([5]).

L'un répond exactement à la formule Cr^3C^2 déjà établie par Moissan, l'autre présente une composition comprise entre Cr^5C^2 et Cr^7C^3.

Par chauffage du carbure Fe^3C dans un courant d'hydrogène à 425° pendant quelques heures, Pingault n'avait pas observé de modifications sensibles; en chauffant 50 heures le carbure à 550° dans un lent courant d'hydrogène à la pression atmosphérique, j'ai constaté que sa teneur était déjà ramenée à 6,25 pour 100. A 600°, dans les mêmes conditions, une vingtaine d'heures suffirent pour obtenir une décarburation légèrement plus accentuée.

Lorsqu'on opère sous pression, la réaction devient beaucoup plus rapide. C'est ainsi que des expériences réalisées dans un autoclave à chauffage électrique interne, dont la description sera faite dans un Mémoire plus détaillé, m'ont donné les résultats suivants, pour des durées de traitement de 50 heures :

Sous pression de 50 kgs/cm² et à la température de 500°, la teneur du carbure a été ramenée de 6,67 à des valeurs comprises entre 2,5 et 3,5.

Sous la même pression de 50 kgs/cm², mais à la température de 550°, cette teneur a été ramenée à des chiffres tels que 1,6 et 2,3.

Enfin, en opérant toujours pendant la même durée et encore à 550°, mais cette fois sous une pression de 100 kgs, le carbure de fer a été *entièrement décomposé*, le résidu ne contenant plus de traces appréciables de carbone.

Par contre le carbure de chrome Cr^3C^2, chauffé sous pression, aussi bien à 500° qu'à 550°. sous 50 kgs ou 100 kgs de pression, n'a paru subir aucune modification notable. Des résultats analogues ont été obtenus avec le carbure Cr^7C^3 ou Cr^5C^2 qui, traité pendant 50 heures à 500°, sous 50 kgs/cm² ou pendant 50 heures à 550° sous 100 kgs/cm² d'hydrogène, ne paraît avoir subi aucune perte appréciable de carbone.

([4]) *Thèse*, 1933.

([5]) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1007.

Ces expériences montrent d'une part l'influence considérable de la pression sur la vitesse de réduction du carbure de fer par l'hydrogène et confirment d'autre part la stabilité des carbures de chrome vis-à-vis de cette action.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mode simple et presque quantitatif de passage des β- aux α-glycérophosphates.* Note de Mlle **Marie-Cécile Bailly**, présentée par M. Marcel Delépine.

O. Bailly et J. Gaumé (¹) ont montré que l'on peut passer du monoester β au monoester α-glycérophosphorique en méthylant le β-glycérophosphate de sodium (par action en solution aqueuse et froide du sulfate neutre de méthyle) et hydrolysant par un alcali ou un acide le diester mixte méthyl-β-glycérophosphorique obtenu; le reste méthyle est quantitativement éliminé en même temps qu'a lieu une importante migration du radical phosphorique du carbone secondaire au carbone primaire

$$O{=}P(ONa)(ONa)(O{-}CH(CH^2OH)_2) \rightarrow O{=}P(ONa)(OCH^3)(O{-}CH(CH^2OH)_2) \rightarrow O{=}P(ONa)(ONa)(O{-}CH^2{-}CHOH{-}CH^2OH)$$

La proportion de monoester α formée, qui est de 33 pour 100 si l'on met en jeu l'hydrolyse alcaline, atteint 66 pour 100 si l'on a recours à l'hydrolyse acide ménagée.

Le nouveau mode de passage qui fait l'objet de cette Note permet d'atteindre un rendement voisin de 90 pour 100 et il ne nécessite la préparation d'aucun corps intermédiaire. Nous l'avons trouvé au cours de l'étude d'un problème de pharmacie chimique visant un tout autre but, et il consiste dans *la simple action sur le β-glycérophosphate de sodium d'un acide fort en solution étendue et à la température de l'ébullition maintenue pendant un court laps de temps.*

Analytiquement, le phénomène peut être mis en évidence au moyen de la réaction de P. Fleury et R. Paris (²). Ces auteurs, on le sait, ont montré que seul, le monoester α-glycérophosphorique, possédant deux fonctions

(¹) *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 793.
(²) *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1416.

alcooliques contiguës, est susceptible d'être oxydé par l'acide periodique

$$PO^4H^2-CH^2-CHO\,|\,H-CH^2OH+IO^4H$$
$$=\ PO^4H^2-CH^2-CHO+H.CHOH+IO^3H+H^2O,$$

alors que l'acide β-glycérophosphorique, dont les deux fonctions alcools sont séparées par le groupement ester phosphorique, n'est pas attaqué par ce réactif.

Si l'on fait bouillir, pendant 15 minutes, 1^g de β-glycérophosphate de sodium avec 24^{cm^3} d'eau distillée et 1^{cm^3} d'acide sulfurique concentré et que l'on étende, après refroidissement, le volume à 100^{cm^3}, on peut constater que 10^{cm^3} de cette dilution, dans laquelle il n'existe pas trace d'acide phosphorique et par conséquent de glycérine libres, sont suceptibles de réduire $5^{cm^3},75$ de solution M/20 de IO^4H, ce qui implique, d'après l'équation ci-dessus, l'existence dans ces 10^{cm^3} de dilution de $0^g,09315$ d'α-glycérophosphate de sodium cristallisé et la formation de $93^g,15$ de ce sel pour 100^g de β-glycérophosphate de sodium mis en œuvre.

En fait, on peut, au moyen d'une technique extrêmement simple, isoler le monoester α-glycérophosphorique, provenant de la transposition du monoester β sous l'influence de l'acide sulfurique. A cet effet, 20^g de β-glycérophosphate de sodium à $5H^2O$ sont dissous dans 200^{cm^3} d'eau distillée et la solution obtenue, additionnée de 20^{cm^3} de SO^4H^2, est portée à l'ébullition pendant 15 minutes dans un ballon surmonté d'un réfrigérant à reflux. Après refroidissement on additionne la liqueur d'un léger excès de carbonate de baryum pour enlever l'acide sulfurique, on agite de temps en temps et filtre au bout de 24 heures de contact. Le filtrat, concentré au poids de 23 à 24^g et abandonné à lui-même dans un endroit frais, ne tarde pas à cristalliser. Les cristaux sont recueillis, essorés à la trompe et séchés avec précaution; on obtient ainsi d'emblée, une dizaine de grammes d'α-glycérophosphate de sodium à $6H^2O$ à peu près pur, ne renfermant que des traces d'isomère β.

L'acide chlorhydrique se révèle, tout comme l'acide sulfurique, et d'une façon plus marquée encore, capable de provoquer la migration faisant l'objet de cette Note.

En résumé, il résulte de cet exposé que l'on peut, avec des rendements de l'ordre de 90 pour 100, passer des β- aux α-glycérophosphates en portant simplement, et pendant un certain laps de temps, à l'ébullition leur solu-

tion aqueuse additionnée d'un acide fort

$$O{=}P\begin{cases}OH\\OH\\O-CH\begin{cases}CH^2OH\\CH^2OH\end{cases}\end{cases} \rightarrow O{=}P\begin{cases}OH\\OH\\O-CH^2-CHOH-CH^2OH\end{cases}$$

Nous mentionnons, d'ores et déjà, que cette transposition est limitée par la transposition inverse et constitue, par conséquent, un phénomène d'équilibre chimique dont nous abordons l'étude.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du trisulfure d'antimoine sur les acides-alcools*. Note de MM. **Yves Volmar** et **Ernest Weil**, présentée par M. Marcel Delépine.

MM. Volmar et Duquenois (1) ont montré que les acides-alcools α sont susceptibles de fixer l'anhydride antimonieux pour former des émétiques, tandis que les autres acides-alcools ne réagissent pas dans les mêmes conditions.

Nous nous sommes proposé de remplacer dans la réaction précédente l'anhydride antimonieux par le trisulfure Sb^2S^3 et de rechercher s'il se forme ainsi ou non un complexe, si ce complexe est sulfuré, ou si tout le soufre est éliminé à l'état d'hydrogène sulfuré.

Dans ce but nous avons fait réagir, dans les conditions indiquées par MM. Volmar et Betz (2) et dans le même appareil, le sulfure rouge Sb^2S^3, préparé par voie humide et toujours hydraté, sur des solutions décinormales d'acides glycolique, lactique et hydracrylique, et nous avons étudié, par les mêmes méthodes, la fixation de l'antimoine en fonction du temps, de la température et de la neutralisation progressive de l'acide-alcool.

Nous sommes ainsi arrivés aux résultats suivants :

1° Le sulfure d'antimoine réagit sur les acides-alcools α (glycolique, lactique) aussi bien que l'anhydride antimonieux, et, pendant toute la durée de la réaction, il y a élimination d'hydrogène sulfuré.

2° Les courbes obtenues en fonction du temps de la température et de la neutralisation sont les mêmes que dans le cas de l'anhydride antimonieux;

(1) *Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 599 et 1335.

(2) *Comptes rendus*, **196**, 1933, p. 355 et 414.

le maximum de fixation correspond toujours à un mélange équimoléculaire d'acide-alcool et de sel alcalin.

3° Nous plaçant dans les conditions correspondant à ce maximum, nous avons pu isoler un produit cristallisé, ne renfermant pas de soufre et absolument identique à l'émétique dérivé de l'acide-alcool employé.

4° Comme confirmation de ce résultat, nous avons pu, en utilisant la méthode du Codex, préparer avec un très bon rendement l'émétique ordinaire par action du trisulfure d'antimoine sur le bitartrate de potassium.

5° Le sulfure d'antimoine ne réagit pas plus sur les acides-alcools β (acide hydracrylique) que ne le faisait l'anhydride antimonieux.

En résumé, dans la préparation des émétiques, on peut remplacer l'anhydride antimonieux par le trisulfure rouge; le produit obtenu est l'émétique correspondant à l'acide-alcool employé; tout le soufre se trouve éliminé à l'état d'hydrogène sulfuré.

GÉOLOGIE. — *Sur les granites, microgranites et rhyolites de l'extrémité Est du massif de Guéret et particulièrement sur l'existence de tourmaline dans certaines rhyolites.* Note de M. **André Demay.**

Un premier groupe lithologique comprend : a. un granite calco-alcalin monzonitique, à grain moyen, riche en biotite; b. un granite alcalin à muscovite; c. des aplites alcalines, des microgranites alcalins à phénocristaux petits et nombreux; *d.* en quelques points, des rhyolites de couleur claire, alcalines ou calco-alcalines.

Un second groupe comprend des rhyolites de couleur gris foncé, presque noir, monzonitiques, mais assez proches d'une composition granodioritique.

Un troisième groupe comprend des microgranites calco-alcalins de couleur claire, à grands phénocristaux, dont les filons traversent les roches des deux premiers groupes.

Le granite alcalin *b* représente, soit une variation contemporaine du granite calco-alcalin *a* (il y a, en fait, apparence de passage), soit une forme de bordure légèrement postérieure. Ce granite alcalin *b*, les aplites et microgranites alcalins *c*, une partie des rhyolites *d*, sont, comme je l'ai indiqué antérieurement, des aspects différents d'un magma identique. C'est un ensemble complexe de parties qui, tantôt passent l'une à l'autre, tantôt

semblent se traverser. Il faut mettre à part une rhyolite (ρ) dont la composition chimique est presque identique à celle du granite calco-alcalin *a*.

Quant aux microgranites du troisième groupe, l'analyse accuse une composition très proche de celle du granite calco-alcalin, avec la même formule magmatique I'.3(4).2.3. Comme le troisième groupe traverse les laves dinantiennes du deuxième groupe, ce fait démontre, de manière presque certaine, l'âge carbonifère du granite calco-alcalin et l'attribution des trois groupes à une seule série lithologique. Le tableau ci-dessous (analyses de M. Raoult) permet de juger ces relations magmatiques.

	Roches alcalines du 1er groupe.			Roches calco-alcalines. 1er groupe.		Roches calco-alcalines. 3e groupe.	Rhy ca alc. for 2e gr
	Granite *b*.	Rhyolite.	Microgranite.	Granite *a*.	Rhyolite ρ.	Microgranite.	
SiO^2........	70,72	69,76	68,88	70,40	70,88	71,34	64
Al^2O^3.......	15,14	15,15	14,94	15,29	15,32	14,10	15
$K^2O + Na^2O$.	7,28	7,29	7,40	6,40	6,56	6,54	6
CaO........	0,76	0,94	0,96	1,74	1,86	2,20	2
TiO^2.......	0,69	0,66	0,66	0,66	0,60	0,59	0
P^2O^5........	0,24	0,28	0,25	0,13	0,15	0,14	0
MnO........	0,05	0,05	0,05	0,09	0,03	0,03	0
K^2O........	4,05	4,82	4,87	3,84	3,80	4,26	3
Na^2O.......	3,23	2,37	2,53	2,56	2,76	2,28	3
MgO........	1,03	1,44	1,83	1,21	0,90	0,87	3
FeO........	2,48	2,98	3,12	2,70	2,70	1,94	4
Paramètres..	I'.3(4).1'.3	I(2).3(4).1(2).'3	I(2).(3)4.1(2).3	I'.3(4).2.3	I'.3(4).2.3	I'.3(4).2.3	'II.'

Dans cette série lithologique, le 3e groupe est nettement postérieur aux deux autres. Plusieurs observations permettent de discuter les relations du 1er et du 2e groupe. Dans les rhyolites foncées de ce 2e groupe, il existe des agrégats cristallins les uns formés *in situ*, comme je l'ai indiqué antérieurement, tandis que d'autres sont des enclaves granitiques certaines, peut-être en partie anciennes, mais probablement pour la plupart enclaves homœogènes. En sens inverse j'ai observé entre les granites du 1er groupe et les rhyolites du 2e groupe, d'Ayat à Saint-Georges, sur plus de 15km, une bordure d'aplites et de microgranites alcalins. D'autre part, sur la route d'Ayat, près du contact du granite alcalin du 1er groupe et des rhyolites du 2e groupe, dont l'observation précise est gênée par une petite faille, le microscope décèle dans les rhyolites de la *tourmaline néogène en nids et en cristaux bien formés* et de

la biotite probablement néogène. A 12^km de ce point, au sud de Manzat, on peut observer la coupe suivante : granite calco-alcalin du type *a*, granite aplitique à biotite, sur quelques mètres granite aplitique à muscovite, rhyolite du 2e groupe. *Là aussi, près du contact, la rhyolite est tourmalinifère et présente en outre de la biotite néogène certaine dans de fines fissures.* Le granite aplitique à muscovite de son côté contient des nids de biotite polysynthétique et de la biotite épigénisant de l'orthose. Ces faits semblent indiquer qu'il y a eu métamorphisme des rhyolites du 2e groupe, sur les points considérés, aussi bien au contact du granite calco-alcalin que du granite alcalin. M. A. Lacroix a attribué à un tel phénomène la tourmaline qu'il a observée dans une rhyolite et dans des dacitoïdes du Yun-Nan. Mme Jérémine a observé aussi de la tourmaline dans des rhyolites vosgiennes métamorphisées par du granite [1].

D'après tous ces faits les rhyolites dinantiennes foncées du 2e groupe seraient donc en partie antérieures aux granites alcalin et calco-alcalin et parfois métamorphisées par eux, en partie postérieures et pouvant alors contenir des enclaves de ces granites. Pourtant il n'est pas possible d'exclure complètement une autre interprétation qui envisagerait une montée granitique (déjà dinantienne à cause des données chimiques) avec un cortège et une enveloppe microgranitiques et rhyolitiques, puis, sur cet ensemble légèrement érodé, les coulées rhyolitiques et les tufs du 2e groupe. La tourmaline et la biotite néogènes dans les rhyolites devraient être attribuées à un phénomène exceptionnel d'autopneumatolyse. L'existence en quelques points de Dinantien détritique sur le granite (De Launay, J. Jung et G. Garde) s'expliquerait d'ailleurs dans les deux interprétations.

Enfin, plus au Sud, près du granite de Gelles à grands cristaux d'orthose, des rhyolites ou tufs dinantiens sont nettement métamorphisés, avec de la biotite néogène dans la pâte, dans les fissures des cristaux ou fragments ou en auréole autour d'eux.

En résumé, sur plusieurs points, près du contact avec le granite, le microscope décèle, dans des rhyolites monzonitiques dinantiennes, de la tourmaline et de la biotite néogènes, qui, sous les réserves précédentes, résultent probablement d'un métamorphisme par le granite. De toute façon des relations magmatiques, aussi étroites que pour une seule venue, ne permettent guère d'échapper à la conclusion qu'à l'extrémité Est du Massif de Guéret, non seulement les granites alcalins, mais aussi les granites calco-alcalins sont bien carbonifères.

---

[1] MM. A. Lacroix, Orcel et Mme Jérémine m'ont fourni des indications très utiles.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'Operculines dans la formation dite* Calcaire pisolithique *du Bassin de Paris.* Note de M. **Robert Laffitte**, présentée par M. Charles Jacob.

A la base de la série tertiaire du Bassin de Paris on observe parfois la formation dite du *Calcaire pisolithique*, du nom de l'un de ses faciès le plus répandu.

Cette formation fut primitivement confondue avec le Calcaire grossier lutétien, par suite de l'analogie des deux faunes; sa place à la base de la série tertiaire, entre celle-ci et la craie, a été généralement reconnue depuis, quoiqu'elle fût tantôt attribuée au Danien, tantôt au Montien et parfois aux deux étages.

Cependant la situation fréquente du Calcaire pisolithique dans des dépressions de la craie, ou en bordure de falaises de celle-ci, avait fait penser à M. Paul Lemoine (1) que le Calcaire pisolithique était un faciès récifal de la craie et que sa formation était donc antérieure à la grande émersion qui débuta au cours de la période maestrichtienne dans le Bassin de Paris. Cette opinion abandonnée par son auteur fut cependant reprise depuis par MM. H. Besairie (2) et F. Daguin (3).

La faune de Mollusques généralement mal conservée n'avait pas permis de confirmer l'une des deux opinions. Seuls les Foraminifères microscopiques, étudiées par MM. Cayeux (4) et surtout P. Marie (5), et les Algues calcaires étudiés par Mme Paul Lemoine (6) semblaient indiquer l'âge post-sénonien de cette formation.

J'ai recueilli récemment du Mont Aimé, près de Vertus, à 25km au sud d'Épernay, dans les calcaires gréseux situés à la base de la formation, des Foraminifères du genre *Operculina*.

Ces Foraminifères de petite taille (2mm en moyenne à 3mm maximum) sont des formes macrosphériques. Ces petites formes, le plus souvent négligées, rarement figurées et décrites, sont difficiles à déterminer. Les individus récoltés sont caractérisés par une forme très plate, avec une spire à enroulement serré, à ornementation peu accentuée, sauf la trace des cloisons nombreuses (30 à 40 environ par tour) et

---

(1) *C. R. som. Soc. Géol. France*, 1911, p. 96-77.

(2) *Recherches géologiques à Madagascar* (Thèses Sciences, Paris, 1930, p. 225-226).

(3) *Procès-verbaux, Soc. Lin. Bordeaux*, **84**, 1932, p. 537-545.

(4) *Bull. Soc. Géol. France*, 4e série, **16**, 1916, p. 103.

(5) *Ibid.*, 5e série, **7**, 1937, p. 289-294.

(6) *Ibid.*, 5e série, **7**, 1937, p. 287-288.

bien visibles à l'extérieur sur les derniers tours; par là ils se rapprochent d'*Operculina Heberti* Mun. Ch. du Montien, mais l'ensemble des caractères rappelle surtout *O. parva* Douv. des environs de Gan, attribuée par cet auteur au Thanétien et *O. subthouini* Tellini dont malheureusement l'auteur a seulement figuré des sections. M. Abrard, qui a bien voulu examiner ce Foraminifère, pense qu'il s'agit d'une espèce probablement nouvelle appartenant au genre *Operculina sensu stricto*.

La présence du genre *Operculina* dans le Calcaire pisolithique du Bassin de Paris indique que cette formation est post-sénonienne. En effet les Operculines sont inconnues dans le Crétacé, mais fréquentes à partir du Montien; peut-être même apparaissent-elles dans le Danien, mais cela est douteux. En tout cas elles sont inconnues avant les couches de passage du Crétacé à l'Éocène. C'est le cas dans les faciès néritiques de la craie (Tuffeau de Maëstricht) où cependant les grands Foraminifères sont fréquents (*Orbitoides*, *Omphalocyclus*). La présence de ce Foraminifère dans le Calcaire pisolithique ne me paraît pas incompatible avec le fait que tous les dépôts montiens du Bassin de Paris sont à peu près synchroniques, ceci malgré la présence d'un *Hercoglossa* rapporté à *H. danica* Schlotheim depuis d'Orbigny. Ce genre est encore bien représenté dans l'Éocène (couches de Ranikot) des Indes, et M. Daguin [7] pense que ce fossile ne peut pas être considéré comme caractéristique du Danien.

On peut donc, confirmant les études des anciens auteurs, grâce à un argument paléontologique nouveau, s'ajoutant au faisceau d'arguments déjà indiqués, affirmer que *la formation du Calcaire pisolithique a été déposée au cours d'une transgression marine qui s'est produite certainement après le Maestrichtien, probablement au début du tertiaire, à l'époque dite montienne*.

Les circonstances de cette transgression, après une longue période d'émersion, les dépôts s'étant alors formés surtout dans les parties basses de la surface de la craie, permettent d'expliquer toutes les particularités de gisement du Calcaire pisolithique qui est souvent (Vigny, Montainville, Vertus) adossé à la craie. La présence de falaises crayeuses au bord de la mer où se déposait le Calcaire pisolithique explique aussi la présence de bancs d'aspect crayeux parfois interstratifiés dans cette formation : il s'agit de craie délavée et remaniée presque sur place.

Ces Operculines sont les premières observées dans le Bassin de Paris et les mers situées au nord de la Mésogée et de ses dépendances. Leur présence

---

(7) *Loc. cit.*, p. 545.

confirme les affinités méridionales de la faune montienne, sur lesquelles a insisté R. Abrard [8] d'après la faune de Mollusques. H. Douvillé [9] avait déjà signalé dans le Calcaire pisolithique la présence *d'une petite Alvéoline du groupe d'* Alveolina melo. Ces deux fossiles soulignent les analogies entre cette période et celle du Calcaire grossier du Bassin de Paris, qui semblent, de toutes les périodes tertiaires, celles présentant les affinités méridionales les plus nettes en Europe nord-occidentale.

Ces Foraminifères n'ont pu pénétrer dans le Bassin de Paris que par la trouée de la Manche, comme les Orbitolines du Cénomanien, les Nummulites de l'Eocène et de l'Oligocène, les Alvéolines de l'Eocène et comme étaient venues les Orbitoïdes de la région de Maëstricht. L'ouverture des mers septentrionales vers l'Atlantique et leur communication possible par cette voie avec les mers mésogéennes paraît donc s'être reproduite fréquemment et semble un des traits les plus caractéristiques de la paléogéographie post-hercynienne de l'Europe occidentale.

SÉISMOLOGIE. — *Sur le séisme belge du* 11 *juin* 1938.

Note de M. **Jean-Pierre Rothé**, présentée par M. Charles Maurain.

L'épicentre exact du tremblement de terre du 11 juin 1938 à $10^h 57^m$, fortement ressenti dans le nord de la France, sera déterminé ultérieurement par le service séismologique belge. Déjà, en concordance avec les premières constatations de M. O. Somville et les observations macroséismiques, on peut placer cet épicentre dans la région de Gand. En interprétant par les tables de Mohorovicic les heures d'arrivée de la première onde (P_n) aux observatoires européens (Uccle, $10^h 57^m 46^s$; de Bilt, $10^h 58^m 03^s$; Paris-Parc-Saint-Maur, $10^h 58^m 11^s$; Strasbourg, $10^h 58^m 27^s$; Stuttgart, $10^h 58^m 37^s,5$; Bâle, $10^h 58^m 37^s,6$; Hambourg, $10^h 58^m 44^s$ etc.), on est conduit à attribuer au foyer de ce séisme une profondeur de l'ordre de 45 à 55^{km}. Cette profondeur, relativement grande, explique la notable extension des secousses sensibles à l'homme (en France la secousse principale est signalée à Rouen, à Paris, à Metz, à 300^{km} du foyer) sans qu'il y ait d'épicentre macroséismique net : à Tourcoing le degré VII de l'échelle internationale des intensités a été atteint (chute de cheminées, croix brisées etc.) comme en

---

(8) *Sciences*, 1937, N° 15 (Supplément), p. 51.

(9) *C. R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1916, p. 99.

plusieurs points du territoire belge. L'existence de plusieurs maxima macroséismiques isolés est caractéristique d'un foyer à grande profondeur.

La localisation de l'hypocentre dans la région de Gand conduit à penser que l'origine du séisme doit être mise en relation avec l'anomalie magnétique belge étudiée par M. Dehalu et M. Merken ([1]).

Ces auteurs ont mis en évidence une crête d'anomalies positives de la composante verticale du champ magnétique terrestre qui s'étend de Gand à Bruxelles par les stations de Wetteren ($+100\,\gamma$) et de Denderleeuw ($+206\,\gamma$). J'ai déjà signalé ([2]) que cette crête magnétique, traversant la Mer du Nord, vient rejoindre la crête décrite par Rücker et Thorpe, jalonnée dans le bassin de Londres par Douvres, Kew et Reading; à Reading elle se réunit à la ligne d'anomalie du bassin de Paris prolongée dans le bassin de Londres. L'anomalie magnétique belge a une forme générale comparable en largeur à celle du bassin de Paris; son maximum d'intensité est du même ordre; ces lignes de crêtes magnétiques se superposent aux lignes de *schaarung* qui disloquent en éventail le substratum hercynien des bassins de Paris et de Londres.

Une anomalie magnétique comme celle du bassin de Paris n'est pas stable : elle subit des modifications liées à son axe même. Ces modifications sont dues au changement des propriétés physiques des couches profondes ou à des déplacements magmatiques qu'il faut mettre en rapport avec les séismes. La *secousse* séismique elle-même n'est que le dernier stade, le paroxysme, de l'*activité* séismique, celle-ci se manifestant de manière constante par les modifications subies par les anomalies magnétiques.

Le séisme d'Orléans (3 octobre 1933) ([3]) avait son hypocentre sur l'anomalie magnétique du Bassin de Paris; le séisme belge du 11 juin 1938 est, cette fois, lié à la branche septentrionale du faisceau de crêtes magnétiques décrites plus haut.

La profondeur calculée pour son hypocentre indique donc en même temps le niveau où s'effectuent ces changements, soit magmatiques, soit de propriétés physiques, par exemple par la variation lente de la température suivant un mécanisme analogue à celui proposé par M. Schwinner et par M. Vening-Meinesz pour expliquer les anomalies de gravité.

([1]) *Nouvelle carte magnétique de la Belgique* (*Publications de l'Université de Liége*. Bruxelles, 1931).

([2]) *Annales de l'Institut de Physique du Globe de Paris*, 15, 1937, p. 89.

([3]) Ch. Maurain et C.-E. Brazier, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 721; J.-P. Rothé, *loc. cit.*, p. 106.

Anomalies de gravité, tremblements de terre, anomalies magnétiques sont trois manifestations d'une même cause, les modifications lentes des propriétés physiques des couches profondes, 25 à 50 kilomètres, du sous-sol.

Les profondeurs indiquées montrent que l'interprétation de l'origine des séismes dans le sens de la géologie de surface est fragile. Les lignes de *schaarung* hercyniennes se superposent aux anomalies magnétiques parisiennes et belges; elles ne les expliquent pas, mais, au contraire, elles se modèlent probablement elles-mêmes sur des rides profondes de la croûte, rides que les crêtes magnétiques nous signalent et que les séismes nous situent.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Étude de la lumière diffusée par les particules en suspension dans l'air.* Note de M. **Henri Grisollet**, présentée par M. Charles Fabry.

Nous avons exposé [1] quelle était la méthode que nous utilisions pour déterminer expérimentalement les propriétés diffusantes des particules qui se maintiennent en suspension dans l'atmosphère, au voisinage du sol.

Nous rapportons ici les résultats qui ressortent de la série complète des mesures effectuées entre janvier 1934 et mars 1938 à l'Observatoire de Montsouris.

Ces déterminations ne sont possibles que les jours où la pollution atmosphérique est telle que le faisceau lumineux incident communique à une mince tranche d'air (10^{cm}) une brillance suffisante pour se prêter à des mesures photométriques correctes. Au cours de la période signalée plus haut, 259 journées distinctes seulement ont répondu à cette condition.

Diffusion. — Nous déterminons photométriquement, la nuit, le rapport R entre la brillance que l'air, traversé par un faisceau de lumière parallèle, acquiert par diffusion et la brillance d'un diffuseur blanc mat recevant ce même faisceau lumineux sous une incidence fixe de 45°.

Nous désignerons par $R(\theta)$ la valeur du rapport R qui se rapporte à la brillance de l'air examiné dans une direction formant l'angle θ avec la direction de propagation du flux incident, l'épaisseur de la tranche d'air visé restant constante.

---

(1) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1872.

Aux premières mesures, portant sur des angles θ de 45°, 90° et 135°, nous avons ajouté des déterminations effectuées à 30° et à 150° du rayon incident.

Pour permettre l'étude du diagramme de diffusion, nous avons calculé, pour chaque série de mesures, les rapports R(θ)/R(90), voici quelles sont leurs valeurs extrêmes et moyennes :

	Minima.	Maxima.	Moyennes.
R(30)/R(90).......	12	209	58,0 (sur 136 observations)
R(45)/R(90).......	8	27	12,8 (sur 259 »)
R(135)/R(90).......	0,2	0,8	0,5 (sur 259 »)
R(150)/R(90).......	0,03	0,7	0,3 (sur 136 »)

La forme de la courbe traduisant, dans un plan, la valeur de la diffusion dans ces différentes directions est donc susceptible de larges variations.

Polarisation. — La lumière diffusée est partiellement polarisée dans le plan défini par le rayon incident et le rayon diffusé.

Nous avons trouvé comme proportion de lumière polarisée dans la lumière diffusée à 90° du flux incident, des valeurs comprises entre 0,11 et 0,42 et une valeur moyenne de 0,32 (d'après 259 observations).

Nombre de particules. — Le dénombrement des particules a été effectué avec l'appareil du Dr Owens, en prélevant l'air au moment des mesures optiques. Les nombres trouvés ont oscillé entre 30 et 4100 particules par centimètre cube d'air, leur nombre moyen est de 742.

Ces grosses particules (de rayon compris entre 10^{-5} et 10^{-4} cm) ne constituent évidemment qu'une partie des éléments diffusants contenus dans la basse atmosphère, mais elles y jouent le rôle optique principal; d'autre part, une certaine corrélation ayant été reconnue entre leur nombre et celui des noyaux de condensation, on peut admettre, en première approximation, qu'elles caractérisent assez bien l'état de la pollution atmosphérique.

Relation entre la diffusion et la polarisation de la lumière, à 90° du flux incident. — La proportion de lumière polarisée augmente lorsque la diffusion diminue, suivant une loi hyperbolique. Le coefficient de corrélation, calculé sur les 259 couples de mesures, est de 0,92 (avec une erreur probable de $\pm$ 0,01).

Relation entre la diffusion et le nombre des particules. — La diffusion augmente en même temps que le nombre N des particules, le coefficient de corrélation entre R (90) et N, calculé sur les 178 couples de valeurs simul-

tanées, est de 0,52 (avec une erreur probable de ± 0,04). La forme générale de la courbe, passant au travers de tous ces points, est un arc d'hyperbole très tendu dont la concavité est tournée vers l'axe portant les diverses valeurs de N.

Relation entre la forme du diagramme de diffusion et la polarisation de la lumière diffusée à 90°. — La proportion de lumière polarisée f augmente lorsque le diagramme de diffusion se raccourcit, c'est-à-dire lorsque la quantité R (30)/R (90) diminue. Le coefficient de corrélation entre R (30)/R (90) et f, calculé d'après 136 observations, est de 0,70 (avec une erreur probable de ± 0,03).

Relation entre la forme du diagramme de diffusion et le nombre de particules. — D'une façon générale, on constate que le diagramme de diffusion s'allonge dans la direction de propagation de flux incident lorsque le nombre des particules augmente, ce qui est vraisemblablement dû à l'accroissement concomitant du diamètre de ces particules. En fait, on constate souvent, sous le microscope, que les particules sont plus grosses dans les atmosphères très polluées et les brouillards que dans les atmosphères très peu chargées.

PALÉONTOLOGIE. — *Les* Cancellophycus *du Jurassique sont des Alcyonaires.* Note de M. **Gabriel Lucas**, présentée par M. Lucien Cayeux.

Les traces problématiques, signalées clairement pour la première fois par Thiollières ([1]) sous le nom de *Chondrites scoparius*, puis étudiées par Dumortier ([2]), ont reçu de Saporta le nom générique de *Cancellophycus*. De nombreuses espèces ont été rapportées à ce genre; toutes se présentent sous le même aspect : d'un pédicule épais, cylindrique, se détache une large lame onduleuse, en éventail, actuellement aplatie à la surface des bancs qui la contiennent. Cette lame paraît formée de nombreuses côtes fines, parallèles entre elles, arquées, unies par des trabécules formant des figures à peu près losangiques, variables d'après l'espèce. On trouve en abondance ce fossile dans les faciès de type alpin du Lias supérieur, du Dogger et du Callovo-oxfordien; des formes affines se rencontrent au Primaire (*Alectorurus*, *Spirophyton*, etc.). Ces empreintes ont généralement été rapportées à des Algues problématiques.

---

(1) *Bull. Soc. Géol. France*, 2e série, 15, 1857-1858, p. 718.

(2) *Ibid.*, 2e série, 17, 1861, p. 572.

Le long de la frontière algéro-marocaine, au sud de Lalla Marnia ([3]), certains calcaires appartenant au Lias supérieur du Tenouchfi, et au Dogger de toute la région située à l'est de Ghar Rouban, m'ont montré d'abondants *Cancellophycus*. L'étude micrographique de ces dépôts m'a appris que les spicules d'Alcyonaires y jouent un rôle très important; M. L. Cayeux, étudiant la répartition des Alcyonaires fossiles, avait déjà remarqué l'importance de leur rôle pétrographique ([4]), au Lias supérieur, Dogger et Callovo-oxfordien : il est curieux de remarquer que ces périodes sont justement celles de l'apogée des *Cancellophycus*.

Un échantillon particulièrement bien conservé de cette *Algue*, recueilli dans le Toarcien supérieur du Dj. Tenouchfi, m'a permis de constater qu'il ne s'agit certainement pas là d'empreintes mécaniques : les trabécules transversaux, à eux seuls, contredisaient cette thèse. De plus, il ne s'agit pas d'une simple empreinte : les stries et trabécules caractéristiques se présentent comme des tigelles très plates, de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur; sur une section perpendiculaire à la surface, on les voit s'enfoncer dans la roche d'environ 1^{mm}, se présentant alors comme une série de virgules rapprochées. Enfin, j'ai fait une coupe mince intéressant les tigelles, et parallèle à la surface du banc; la partie choisie étant légèrement bombée, le centre de la préparation a dépassé l'épaisseur de la trace : en ce point, on observe des spicules d'Alcyonaires assez peu nombreux. Au contraire, dans les zones qui intéressent l'empreinte, ces spicules sont très abondants, et présentent une orientation d'ensemble parallèle à celle des tigelles.

Un résultat analogue a été obtenu en étudiant, par le même procédé, un *Cancellophycus* du Dogger de Provence, qui m'a été communiqué par M. A.-F. de Lapparent. Les tigelles ne sont pas conservées, mais, en reportant sur la plaque la direction des traces, on constate que les deux tiers des spicules ont une orientation voisine.

Les spicules observés dans toutes ces roches présentent les particularités qui caractérisent ceux des Alcyonaires ([5]) : extension en long en lumière polarisée, et, en section transversale, structure radiée bien mise en évidence par une belle croix noire; mais leur forme de baguettes allongées,

---

([3]) G. Lucas, *C. R. Som. S. G. F.*, 1936, p. 46-48.

([4]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 172, 1921, p. 987-988 et p. 1189-1191.

([5]) L. Cayeux, *Introduction à l'étude pétrographique des roches sédimentaires*, 1916, p. 413, *Les roches sédimentaires de France, Roches carbonatées,* 1935. p. 129.

peu ou point verruqueuses, de $0^{mm},5$ sur $0^{mm},01$ environ, peut se rencontrer dans presque tous les groupes d'Alcyonaires. Il est cependant possible pour tenter de situer les *Cancellophycus* dans la classification, de tirer quelques conclusions de l'allure des traces. Bien que les tigelles soient parfois très bien marquées, elles ne diffèrent actuellement de la roche encaissante que par leur couleur; on peut supposer qu'elles représentent les restes d'un squelette formé de matière organique, plus ou moins détruit par oxydation, de forme assez analogue à celle de l'endosquelette de certaines Gorgonacées, par exemple de *Stachyodes* ou de *Calyptrophora;* il s'en distingue cependant très nettement par ses trabécules très régulièrement disposés en réseau, qui obligent à classer les *Cancellophycus* dans un groupe à part, sans doute à proximité des Gorgonacées.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence d'Elapidæ, représentés par un genre nouveau dans le Néogène français.* Note de M. **Robert Hoffstetter**, présentée par M. Charles Jacob.

Parmi les Ophidiens, la famille des *Elapidæ* est pratiquement inconnue à l'état fossile. *Naja suevica* Fraas (¹), du Miocène de Steinheim, n'a jamais été décrit ni figuré. *Naja Sauvagei* Rochebrune (²) est fondé sur une vertèbre du Pléistocène de Coudes (Puy-de-Dôme); j'ai pu examiner le type : il s'agit incontestablement d'un Colubridé.

Il existe cependant, dans certains gisements néogènes français, des *Elapidæ* bien caractérisés, pour lesquels je serai obligé de créer un genre et trois espèces. Leur dénomination et leur description détaillée feront l'objet d'un mémoire actuellement en cours de publication. Ces différentes espèces seront provisoirement désignées ici par les lettres A, B et C.

A. J'ai découvert, dans l'argile sidérolithique vindobonienne de la Grive-Saint-Alban (Isère), un squelette dissocié, presque complet, comprenant 15 os du crâne, 99 vertèbres des différentes régions du corps et 116 côtes. Cet animal, d'environ $1^{m},80$, se rapproche du genre *Naja* et particulièrement de *N. hannah* Cantor, dans tous ses caractères ostéologiques. Le système dentaire se montre aussi spécialisé que chez les espèces actuelles : le maxillaire, court, est muni antérieurement de 2 crochets

(¹) O. Fraas, *Jahresh. d. Ver. f. Vaterl. Naturk. in Württ.*, **26**, Stuttgart, 1870, p. 291.

(²) A. T. de Rochebrune, *Nouv. Arch. du Muséum*, 2e série, **3**, 1880, p. 285, pl. XII.

dont la gouttière est à bords jointifs; le même os ne porte en arrière que 2 petites dents sillonnées; le dentaire est pourvu de dents qui possèdent facultativement un léger sillon externe. Par contre, les proportions du squelette céphalique se révèlent beaucoup plus archaïques : le basisphénoïde est allongé; le préfrontal est court et primitif; l'élongation de l'arc mandibulaire et de son support est peu marquée. D'autre part, les côtes antérieures ne sont pas protractiles. Ces divers caractères rappellent le genre *Bungarus*. Mais, alors que ce dernier est plus primitif encore en ce qui concerne ses caractères céphaliques, il possède des vertèbres de morphologie très particulière, beaucoup plus évoluées que chez *Naja* lui-même. Il sera donc nécessaire de désigner l'espèce fossile sous un nouveau nom générique.

La même espèce se rencontre également dans le sidérolithique du Mont-Ceindre (Rhône) du même niveau.

B. Dans les deux gisements existe une autre forme du même genre, plus robuste, représentée par quelques rares vertèbres. Le zygosphène puissant, rectiligne en avant, et divers caractères de détail en font une espèce distincte.

C. Parmi les vertèbres du Pliocène du Roussillon décrites par Depéret ([3]) sous le nom de *Cœlopeltis Laurenti*, il faut distinguer celles qui sont représentées par les figures 4, 5 et 6 (Pl. XVIII). Elles ne se différencient guère de l'espèce B, de même taille, que par un condyle nettement plus fort, et appartiennent certainement au même genre. Elles devront donc être séparées du genre *Cœlopeltis* et constituer une nouvelle espèce.

L'apparition des *Elapidæ* en France semble n'être précédée que de très peu par celle des *Colubridæ :* les pièces antémiocènes rapportées à cette dernière famille par de Rochebrune ([4]) et de Stefano ([5]) appartiennent à des *Boidæ* et même à des Sauriens. D'autre part, le plus ancien Elapidé connu (espèce A) montre d'emblée une spécialisation dentaire très poussée.

Ces deux constatations rendent improbable une évolution sur place et conduisent à expliquer la présence d'*Elapidæ* dans le Néogène français par une migration, vraisemblablement d'origine asiatique. Cette hypothèse s'appuie sur l'abondance actuelle des *Elapidæ* dans la région italo-indo-malaise, et sur le fait que le genre fossile est plus proche de *N. hannah* d'Extrême-Orient que de toute autre espèce actuelle. Ce dernier fait s'accorde d'ailleurs avec les affinités extrêmes-orientales de certains Oiseaux (*Palæocryptonyx*, *Palæortyx*) et Mammifères (*Miomegaderma*, *Galerix*, *Pseudo galerix*, *Scaptonyx*, *Sciuropterus*, *Trocharion*) rencontrés dans le Miocène de la Grive-Saint-Alban.

([3]) *Mém. Soc. géol. de France*, 7, mém. 3, 1897, p. 170-171, pl. XVIII.

([4]) *Mém. Soc. Sc. Nat. de Saône-et-Loire*, 5, pl. II, Châlon, 1884, p. 156-159.

([5]) *Boll. Soc. Geol. Ital.*, 24, Roma, 1905, tav. IV.

On peut donc considérer le nouveau genre comme un rameau parallèle à celui des *Naja*, issu d'une souche asiatique, émigré en Europe, au cours du Miocène et ayant survécu au moins jusqu'au Pliocène ancien.

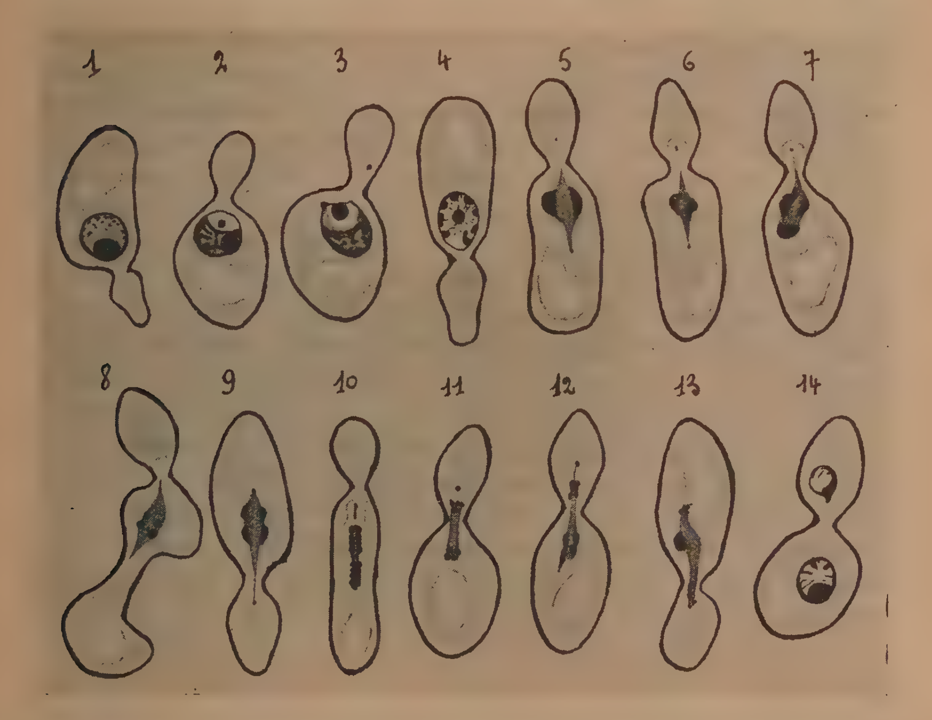
CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la division du noyau des levures au cours du bourgeonnement : mise en évidence d'un centrosome et de la mitose.* Note de M. **Jean Renaud**, présentée par M. Alexandre Guilliermond.

On sait que le noyau des levures a été mis en évidence par Guilliermond en 1901. Cet auteur a montré que sa structure est analogue à celle des noyaux ordinaires, rencontrés chez les autres Champignons et notamment les Ascomycètes supérieurs. Depuis cette époque, de nombreux cytologistes ont cherché à préciser son mode de division pendant le bourgeonnement : presque tous ont admis que cette division s'effectue par un processus d'amitose et, si l'idée d'une mitose a été soutenue par quelques auteurs comme Swellengrebel (1905), Fuhrmann (1906), Mac Kater (1927), aucun d'eux n'a apporté la moindre preuve en faveur de cette opinion. La question a été remise en cause, récemment, par Guilliermond (1936) et Badian (1937). Le premier a observé, pendant le bourgeonnement du *S. paradoxus*, des figures qui l'amènent à admettre que la division nucléaire s'effectuerait par une mitose, comparable à celle des Ustilaginales. Badian, par contre, décrit des phénomènes très différents. Pour cet auteur, le noyau des levures aurait une structure très primitive, il serait dépourvu de membrane et constitué seulement par deux chromosomes qui se diviseraient longitudinalement pendant la mitose.

Notre étude a porté sur diverses races de *Saccharomyces ellipsoideus* isolées du vin et a été faite au moyen de fixations au picro-formol et de coloration à l'hématoxyline ferrique. Les noyaux au repos ont une structure identique à celle qui a été décrite par Guilliermond. De forme sphérique, ils sont limités extérieurement par une membrane colorable et renferment un nucléoplasme achromatique dans lequel se distinguent un nucléole et de la chromatine, disposée en un fin réseau et montrant, par place, de petits granules chromatiques. Parfois, cette chromatine est surtout disposée au voisinage de la membrane nucléaire. Lors du bourgeonnement, on distingue, dans la zone nucléaire située en face du bourgeon, un centrosome extrêmement net qui apparaît sous la forme d'un petit grain, entouré d'une plage claire (*fig.* 2). Le réseau chromatique est loca-

lisé en arrière du centrosome, le plus souvent au voisinage du nucléole, plus ou moins confondu avec les mailles du réseau. Dans certains cas cependant, le nucléole et le réseau chromatique sont situés dans des régions nettement distinctes (*fig.* 3).

A un stade plus avancé, le noyau fait hernie dans la direction du bourgeon



et le centrosome se divise ; l'un des centrosomes-fils qui en résulte demeure dans la cellule-mère où il devient difficile à distinguer, tandis que le second émigre vers le bourgeon entouré d'une auréole claire (*fig.* 3). Parfois, il est possible d'apercevoir un filament qui le relie au bourgeon. Un peu plus tard, les chromosomes se forment aux dépens du réseau chromatique et se répartissent au voisinage de la membrane (*fig.* 4). Assez souvent et particulièrement dans les préparations insuffisamment différenciées, ils restent agglomérés sur le côté du noyau, présentant l'aspect d'un bloc en forme de croissant. A ces différents stades que nous considérons comme se rattachant à la prophase, en succède un autre, qui correspond à la métaphase. Celui-ci se traduit par la résorption de la membrane nucléaire et l'apparition du fuseau achromatique (*fig.* 5 et 6).

Parfois, le fuseau a une pointe plus marquée dans le sens du bourgeon et de ce fait, il affecte une forme conique qui semble traduire une sorte d'attraction, se manifestant en direction du bourgeon, dès que la membrane nucléaire a disparu. Ensuite, les chromosomes, souvent agglomérés en deux masses au milieu du fuseau, se divisent et forment quatre masses chromatiques se dirigeant vers les pôles (*fig.* 8 et 9). Dans les cellules allongées, en forme de saucisse, on observe des figures d'anaphase très étalées (*fig.* 10), assez analogues à celles que Maire a décrites chez les Basidiomycètes. Dans ce cas, on remarque nettement que le nombre de chromosomes est supérieur à 4. Les figures 11, 12 et 13 représentent des télophases dans lesquelles l'un des centrosomes est encore très apparent. Enfin, la figure 14 montre les deux noyaux-fils venant de se constituer et qui, déjà, présentent la structure précédemment décrite. Le nucléole disparaît dès la métaphase, mais parfois on le retrouve accolé au fuseau à un stade plus avancé de la mitose (*fig.* 13). Les figures de cette mitose étant très petites et les chromosomes se trouvant souvent réunis en agrégats confus, il semble impossible de songer à compter leur nombre, toutefois, celui-ci est certainement au moins égal à 8 (*fig.* 4).

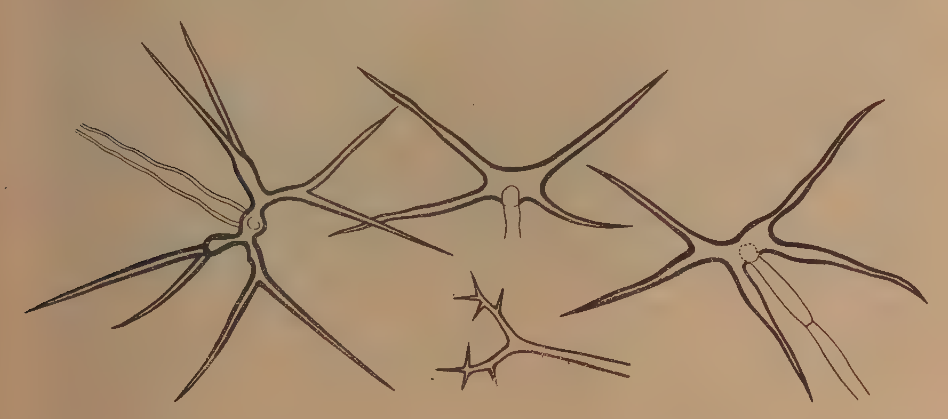
Nos recherches ne nous permettent donc pas de confirmer celles de Badian. Elles nous amènent bien à constater que le noyau se divise par mitose pendant le bourgeonnement, mais elles prouvent que sa structure est identique à celle des noyaux des Ascomycètes supérieurs et que les processus de mitose sont beaucoup plus complexes que ceux décrits par Badian.

BOTANIQUE. — *Sur les cellules stelliformes des Aphyllophorales.* Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Parmi les nombreuses Clavaires de Madagascar dont nous poursuivons actuellement l'étude, une espèce, recueillie par M. R. Decary dans la forêt du littoral oriental, mérite par ses particularités de structure d'être mise en évidence.

Ce champignon du type *Ramaria,* qui atteint 5[cm] de hauteur, de couleur grisâtre, à rameaux étroits, raides, un peu aplatis, tordus et sillonnés par places, successivement divisés di- ou trichotomiquement, à extrémités presque toujours simples et pointues, n'offre pas de particularités physionomiques saillantes, sinon celles d'une consistance assez élastique et d'un

stipe irrégulier se prolongeant en un large thalle membraneux. Mais il présente des caractères anatomiques tout à fait remarquables : sa chair est presque uniquement constituée d'éléments cystidiformes étoilés, se raccordant soit à des hyphes connectives à membrane mince, soit à des hyphes à même membrane épaisse, non bouclées. Chacun de ces éléments comporte un nombre variable de longues aiguilles rayonnantes, raides, acérées à leur extrémité, et dont la membrane, jaunâtre et réfringente, est épaisse de 1^{μ} environ. Chaque ensemble stelliforme ne constitue généralement qu'une cellule. Les épines, situées approximativement dans un plan, sont orientées symétriquement par rapport à un axe, se répartissant alors le plus souvent par paires et atteignant le nombre de 4, 6, 8, leur extrémité libre pouvant à son tour se ramifier en fourches secondaires. Cette constitution donne extérieurement à tout le champignon son aspect finement



Poils stelliformes constituant la chair de *Stelligera membranacea* (Gr. : 650).

duveteux. Elle rappelle déjà celle des *Asterostromella* (*investiens* Schw., *dura* B. et G.) et des *Corticium* de la section *Trichostroma* (*portentosum* Berk.) dont les hyphes dendroïdes ont quelque analogie avec les cellules étoilées de notre Clavaire; elle fait surtout penser à la structure des *Asterodon* et mieux encore à celle des *Asterostroma*.

Ces deux derniers genres qui constituent les *Asterostromæ*, voisins des Corticiés, sont caractérisés en effet par la présence dans leur trame de nombreuses cellules étoilées à paroi épaisse (stelles), homologues à des cystides, et non sans similitude avec les cystides spiniformes de certains autres Aphyllophorales (*Hymenochæte*, *Phellinus*, *Xanthochrous*) et même Agaricales (*Marasmius torquescens* Q). Les *Asterostromae*, corticiformes,

résupinés, sont constitués de lames subiculeuses, feutrées, soit lisses (*Asterodon*), soit parsemées d'aiguillons (*Asterostroma*). Patouillard a établi que cette diversité physionomique, si fréquente parmi les Porohydnés, ne saurait contredire une parenté basée sur l'identité des caractères anatomiques. Or, ces derniers se retrouvent chez notre Clavaire dont les stelles, par leur forme, leur nature, leur position, leurs dimensions, sont superposables à celles des *Asterostroma cervicolor* (B. et C.) et *bicolor* E. et E.

Bien mieux, l'hyménium de la Clavaire malgache montre, à côté de basides tétraspores cylindracées, à stérigmates étroits, portant des spores hyalines virguliformes, de nombreuses cystides émergentes bien spéciales: volumineuses, fusiformes, étranglées dans la région médiane, amincies à leur extrémité supérieure souvent papilleuse, à membrane régulière et peu épaisse ($0^{\mu},6$ — $0^{\mu},7$) et renfermant de gros globules ou des masses irrégulières de nature cellulosique, très réfringents, insolubles dans les acides, les bases et les solvants organiques habituels, colorables ni aux réactifs sélectifs des lipides, ni au bleu coton, ni au vert d'anthracène, mais au chloroiodure de zinc. Or ces cystides se retrouvent *identiquement*, comme les basides, chez les *Asterostroma*, *cervicolor* et *bicolor* notamment, avec les mêmes particularités morphologiques et microchimiques.

Une telle identité de structure, commune à deux groupes, Clavaires, Porohydnés inférieurs, dont les parentés, admises depuis Patouillard, n'étaient pas considérées cependant comme obligatoirement intimes, conduit à deux conclusions : 1° Clavariés, Corticiés, Astérostromés renferment des espèces dont l'organisation anatomique est la même; 2° parmi les Clavaires, groupe hétérogène, à côté de certaines formes d'*Holocoryne* et *Syncoryne* très proches des *Cantharellus*, et d'autres dont les affinités sont ailleurs, on connaît donc maintenant un représentant extrêmement voisin de certains Corticiés à cellules stelliformes; cette espèce malgache, à laquelle nous réservons le nom de *Stelligera membranacea* n. g., n. sp., caractérise donc une nouvelle coupure générique de Clavaires, dont l'existence apporte une triple preuve, à l'hétérogénéité du groupe des Clavaires, aux affinités de certaines d'entre elles avec les Corticiés dont elles sont probablement issues, à la valeur toute secondaire de la configuration de l'hyménium et même du carpophore, qui, ici encore, ne saurait dans la délimitation de groupements naturels l'emporter sur les particularités anatomiques précises.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Formation de poils absorbants sur l'épiderme des feuilles de* Begonia Rex *en rapport avec l'application d'hétéro-auxines.* Note (¹) de M. **Pierre Chouard**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En cherchant à modifier la polarité du bouturage de feuilles par l'action d'hétéro-auxines en solution aqueuse (²), j'ai observé la formation d'un duvet de poils fragiles sur l'épiderme de certaines feuilles de *Begonia Rex* Putz. (*fig.* 1 A).

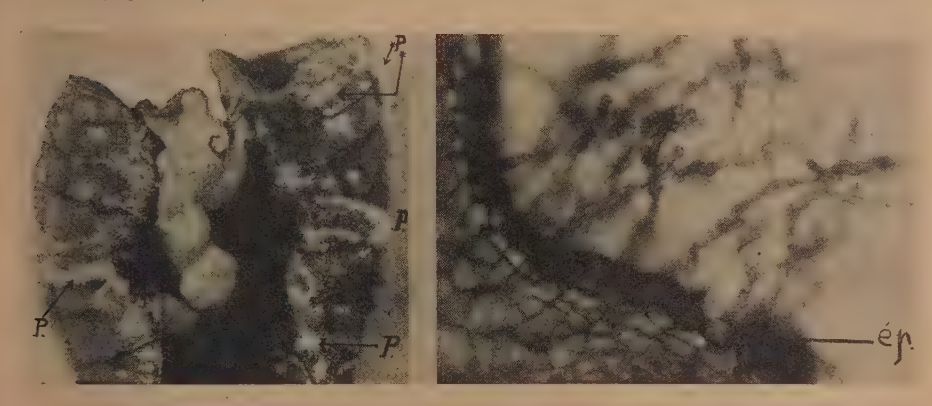


Fig. 1. — Morceau de feuille de *Begonia Rex Président Carnot* plongé le 28 avril 1938 pendant 24 heures, par le sommet, dans une solution d'acide 3-indolbutyrique à 50γ par centimètre cube. Photos prises le 11 mai. A, à gauche, l'ensemble, × 1,5; B, à droite coupe dans la nervure, × 80; P, poils absorbants; ép, épiderme.

Il s'agit bien de *poils absorbants :* à défaut d'une démonstration physiologique, on constate en effet la complète identité de structure entre ces poils et les *poils absorbants* normaux des racines. Dans les deux cas, les cellules superficielles émettent d'abord une saillie dans laquelle s'engage ensuite le noyau; puis cette saillie s'allonge en un boyau de 20^{μ} de diamètre environ, sur 0,1 à $1^{mm},5$ de long. Ce poil, non cloisonné, est occupé par une grande vacuole colorable vitalement au rouge neutre; sa membrane est mince; il se flétrit au moindre attouchement ou dessèchement. En vieillissant, il se bifurque souvent, ou bien devient variqueux par émission de boursouflures latérales (*fig.* 1 B, 2R, 2E). Ces poils n'ont

(¹) Séance du 13 juin 1938.

(²) *Comptes rendus,* **206**, 1938, p. 1401.

rien de commun avec les poils pluricellulaires (*fig.* 2 P_1 et P_2) qui recouvrent ordinairement les feuilles.

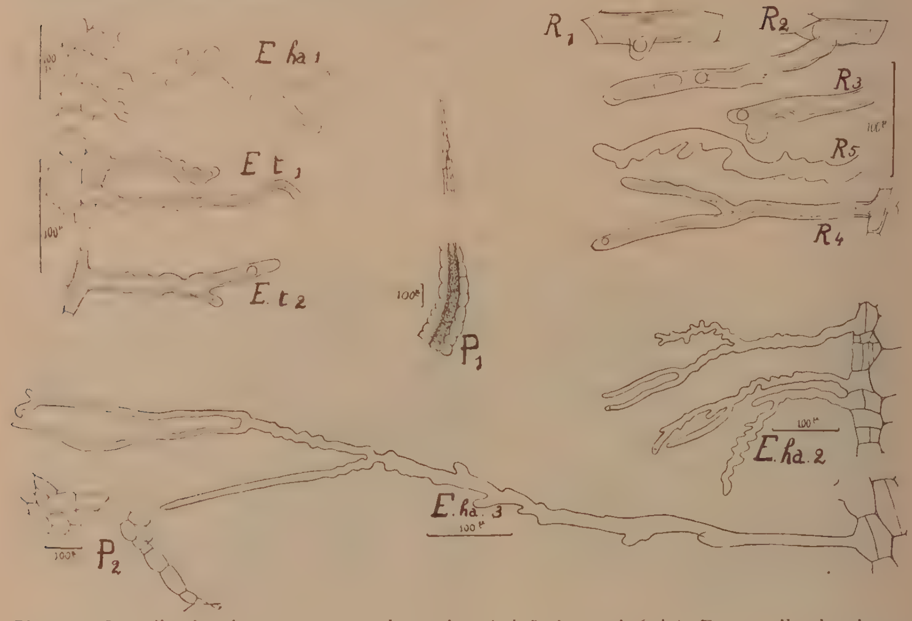


Fig. 2. — R, poils absorbants *normaux* des racines (1 à 5, jeunes à âgés). E. t., poils absorbants nés sur l'épiderme de certaines feuilles-témoins. E.ha., poils absorbants nés sur l'épiderme de toutes les feuilles traitées par les hétéroauxines (avec déformations plus compliquées). P_1 et P_3, les deux types de poils ordinaires sur les feuilles.

La formation de poils absorbants sur les feuilles de *Begonia Rex* est parfois un phénomène normal, mais alors localisé et fugace : sur des fragments de feuilles de certaines variétés (*Saxonia*, ou mieux *Président Carnot*), en boîte de Petri humide à 20-25° C., j'ai vu parfois, après 10 à 15 jours, quelques touffes de ces poils près de la base de la grosse nervure. Mais l'apparition des poils absorbants devient *constante*, abondante et précoce chez toutes les variétés essayées, après trempage des fragments de feuilles par une extrémité dans une solution aqueuse d'hétéro-auxine. C'est avec la variété *Président Carnot* que j'ai obtenu la réponse la plus rapide et la plus intense à cette excitation.

Des résultats comparables et les meilleurs sont obtenus avec les doses suivantes (en γ par centimètre cube; 24 heures de trempage) : acide 3-*indol-acétique* 150; ac. 3-*indol-butyrique* 50; ac. *naphtyl-acétique* 15; *hormodine* (produit commercial) dilution à 1/80; *hortomone A* dilution à 1/100. Ces

données numériques précisent l'efficacité relative des diverses substances. Les poils apparaissent après 8 à 10 jours, d'abord du côté par où l'hétéro-auxine a été appliquée, puis de proche en proche vers l'autre extrémité. Chaque touffe de poils ne dure que 3 à 8 jours, mais est remplacée par d'autres pendant 10 à 20 jours. Ces poils apparaissent d'abord sur l'épiderme de la face dorsale des grosses nervures, puis jusque sur le limbe à la lisière des nervures, très rarement à la face ventrale. Ils naissent souvent de cellules épidermiques déjà recloisonnées.

Conclusions. — 1° Si l'assise pilifère des racines provient de tissus originairement situés en profondeur, c'est ici l'épiderme, tissu superficiel, qui assure la même fonction.

2° Les hétéro-auxines permettent ici de reproduire intensément et à volonté un phénomène qui s'accomplit parfois normalement, quoique inaperçu, sous l'effet de l'accumulation des produits naturels du métabolisme.

2° Il s'agit d'un type tout particulier d'extension localisée et indéfinie des membranes, avec grandissement des vacuoles, c'est-à-dire d'un mode spécial de l'action bien connue des auxines sur la croissance des tiges. La poussée des poils absorbants s'accomplit morphologiquement de la même façon sur les racines et sur les épidermes foliaires, où l'action des auxines sur la croissance est pourtant réputée fort différente.

HÉMATOLOGIE. — *Densité du sang et choc transfusionnel.*

Note (1) de MM. G. JEANNENEY et G. RINGENBACH.

Le transfuseur de sang se préoccupe de n'injecter dans les veines du malade qu'un sang parfaitement compatible. Il a recours, dans ce but, à diverses méthodes directes ou indirectes d'appréciation de la compatibilité des sangs mis en présence par la transfusion.

Cependant, et même lorsqu'on s'entoure de toutes les garanties possibles, il arrive que la transfusion soit suivie d'un choc parfois impressionnant. Toute transfusion d'ailleurs, selon Bogomoletz et Nina Medvedena (2), qu'elle soit faite avec du sang compatible, incompatible ou même le propre sang du sujet transfusé, s'accompagnerait de phénomènes de colloïdoclasie

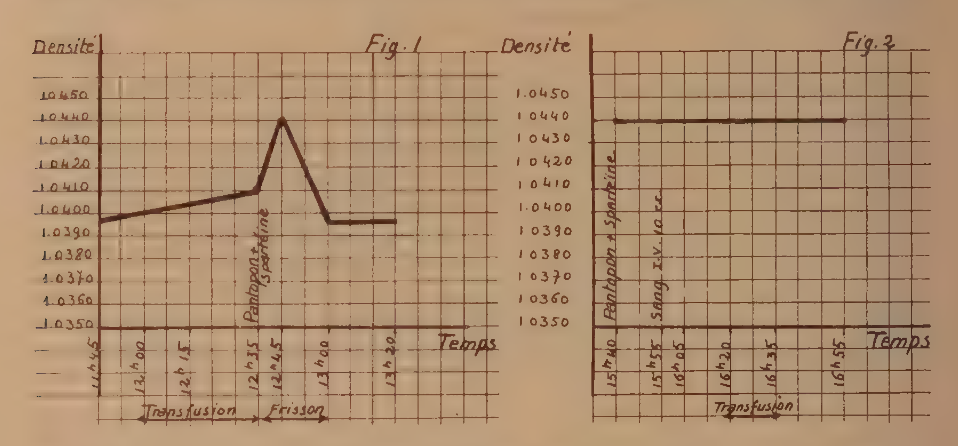
---

(1) Séance du 8 juin 1938.

(2) Rapport au *IIe Congrès de la Transfusion sanguine*, Paris, 28 septembre au 2 octobre 1937, p. 1 et 3.

en dehors même de toute manifestation clinique de choc, comme si la simple mise à l'air suffisait à faire acquérir au sang des propriété toxiques nouvelles.

Nous avons, dans notre service de transfusion, eu l'occasion d'observer plusieurs cas de choc, accompagnant la transfusion de sang citraté, frais ou conservé : frisson, claquement des dents, collapsus cardio-vasculaire etc., survenant après la transfusion, au bout d'un temps variant entre 15 et 45 minutes. En mesurant la densité du sang du receveur avant, pendant et après la transfusion [à l'aide de la microméthode de Barbour et



Hamilton (³)], nous avons noté un *accroissement brusque de la densité* au début du frisson, et un retour à la valeur antérieure à la fin de ce frisson ou peu de temps après. La courbe typique en chapeau de gendarme (*fig.* 1) concerne une malade du groupe II, atteinte d'une septicémie puerpérale, et ayant reçu 250^{cm^3} d'un sang du même groupe II. Chose curieuse, il a suffi de pratiquer une injection sous-cutanée de pantopon (1 ampoule) et de sulfate de spartéine (5^{cg}), 40 minutes avant la transfusion suivante et 25 minutes avant une injection intraveineuse de 10^{cm^3} du sang du ballon, pour n'obtenir ni choc, ni élévation de la densité, qui restait iuvariable (*fig.* 2). Cependant le sang injecté provenait du même donneur. Par la suite cinq autres transfusions furent pratiquées, avec des sangs de groupe II ou IV, sans injection préalable de pantopon-spartéine; aucun choc ne se produisit, ni aucune modification de la densité du sang, comme

(³) *Journal of Biological Chemistry*, **69**, 1926, p. 625-640.

si une injection préparante unique avait suffi à désensibiliser totalement la malade.

Dans d'autres cas, où l'injection préalable du sang n'avait pas empêché le choc, nous avons injecté uniquement du pantopon spartéiné avant transfusion et nous n'avons plus eu de choc.

Comment expliquer cet accroissement de la densité sanguine au moment du choc transfusionnel ? Deux hypothèses se présentent à l'esprit :

Ou bien, à la suite d'une modification possible du pouvoir osmotique du sang, le plasma qui, au niveau des capillaires artériels, passe dans les espaces lacunaires, ne rentrerait pas dans les capillaires veineux. Il y aurait une diminution de la masse totale du sang, une véritable *concentration par anhydrémie*. Cette hypothèse nous semble la plus vraisemblable.

Ou bien, par spléno-contraction, les hématies contenues dans la rate seraient chassées dans le sang circulant. Il se produirait donc un enrichissement véritable du sang, une hyperglobulie absolue, et non relative comme dans la première hypothèse. La réalité de l'élévation de la densité du sang par spléno-contraction a été démontrée par L. Perles dans sa thèse (Paris, 1928, n° 161).

Quant à l'*action empêchante* de l'injection préalable de pantopon spartéiné, elle semble assez délicate à interpréter. Peut-être pourrait-on ainsi l'expliquer, par analogie avec les phénomènes de vaso-constriction qui accompagnent les embolies artérielles : si l'on admet avec Lumière que le choc résulte d'une floculation, c'est-à-dire de l'existence dans les vaisseaux de véritables embolies, ce choc s'accompagne d'une vaso-constriction. Et précisément le pantopon a une action empêchante sur cette vaso-constriction.

En résumé, l'établissement systématique de courbes densimétriques au cours de chaque transfusion, nous a permis de constater deux phénomènes :

1° L'élévation constante de la densité du sang au cours du choc et son retour à la normale une fois le choc terminé.

2° En l'absence du choc la densité ne varie pour ainsi dire pas.

PARASITOLOGIE. — *Une curieuse épizootie vermineuse à acanthocéphales, devenue endémique à la singerie du Muséum. Mesures prophylactiques efficaces prises pour en arrêter les méfaits.* Note de MM. **Émile Brumpt** et **Achille Urbain**, présentée par M. Louis Lapicque.

Nous allons donner dans les lignes qui suivent un exemple tout à fait typique de l'adaptation de certains parasites dans des régions indemnes,

quand divers facteurs étiologiques sont réunis. Il s'agit, en l'espèce, d'une épizootie vermineuse devenue endémiqne dans la singerie du Muséum. Cette infection est due à des acanthocéphales assez ubiquistes, dont l'hôte intermédiaire vicariant à Paris est la petite blatte germanique (*Blattella germanica*), ainsi que nous l'avons établi expérimentalement.

Depuis quelques mois, les lémuriens de la ménagerie du Muséum, importés ou nés à Paris, ont présenté une infection parasitaire intense ayant déterminé la mort de plusieurs sujets. Le premier animal trouvé mort, le 17 mars 1938, était un *Lemur fulvus* né au Muséum le 26 mars 1935. L'autopsie, pratiquée par M. Ed. Dechambre, permit de constater que la mort était due à une perforation intestinale provoquée par de nombreux helminthes accumulés sur une grande partie de l'intestin grêle et du gros intestin.

Nous avons confié l'étude systématique de ces vers à notre collègue R. Ph. Dollfus, qui a identifié ces parasites à deux espèces d'acanthocéphales du genre *Prosthenorchis*, créé par Travassos en 1915. La première espèce, *P. spirula* (Olfers in Rud. 1819), a été récoltée au Brésil vers 1818 par Olfers, puis par Natterer, chez un certain nombre de singes [*Midas rosalia* (L.), *Cebus apella* (L.)] et chez un carnivore *Nasua narica* (L.) Elle a encore été signalée au Brésil chez un ouistiti (*Callithrix jacchus*), puis au jardin zoologique de Londres, par A. E. Shipley, en 1905, chez un lémurien de la Gold Coast, *Perodicticus potto*, enfin chez deux lémuriens de Madagascar, *Lemur coronatus* et *Lemur fulvus* (= *Lemur brunneus*). Ce ver a été, de plus, observé chez un singe originaire de Gibraltar, *Inuus sylvanus*, en 1845, par Creplin, au jardin zoologique de Greifswald.

La seconde espèce de *Prosthenorchis*, *P. elegans* (Diesing 1851), a également été découverte au Brésil, avant 1851, chez divers singes : *Callithrix chrysoleuca*, *Saimiri sciurea*, *Midas rosalia*, *Mystax ursulus*, et, en 1876, au jardin zoologique de Londres, par Cobbold, chez un ouistiti de Colombie : *Œdipomidas œdipus*.

Nous avons eu l'occasion d'examiner les viscères de sept animaux morts dans les mêmes locaux de la ménagerie du Muséum : cinq lémuriens, dont trois provenant de Madagascar et deux autres nés à la ménagerie, et deux sajous ([1]) importés d'Amérique. Les cinq lémuriens présentaient une infection intestinale plus ou moins forte par les *Prosthenorchis*, les sajous n'en présentaient pas. Chez les lémurs, les vers observés se trouvaient en très

([1]) *Cebus fatuellus* (L.).

grand nombre dans les deux tiers inférieurs de l'intestin grêle et, dans un cas il y en avait également dans une partie du gros intestin. Chez un *Lemur fulvus albifrons*, il y avait des vers enkystés vivants ou morts, dans la cavité abdominale.

La surface de l'intestin était, sur une grande longueur, couverte par les parasites, dont le nombre peut être évalué pour chacun des trois *Lemur fulvus* à plusieurs centaines. Chez le quatrième lémurien (*Cheirogaleus major*), importé de Madagascar depuis dix mois, l'intestin grêle ne renfermait que 15 *Prosthenorchis*.

La présence de nombreux acanthocéphales, ayant entraîné la mort de deux lémuriens (600/XXIV et 821/XXIV), nés à la ménagerie, nous permit de constater que ces vers exotiques ont pu trouver à Paris les conditions favorables à leur développement. Comme les acanthocéphales de mammifères, dont l'évolution est connue, ont toujours pour hôtes intermédiaires divers coléoptères ou certaines espèces de blattes, nous avons recherché les représentants de ces deux groupes à la ménagerie. Aucun coléoptère n'y a été trouvé, mais en revanche, de très nombreuses blattes germaniques (*Blattella germanica*) se rencontraient un peu partout et présentaient dans près de 40 pour 100 des cas des formes larvaires d'acanthocéphales.

La morphologie de ces larves, étudiée par R. Ph. Dollfus, a permis de les rattacher aux deux espèces récoltées dans le tube digestif des lémuriens ayant succombé.

Nous avons pu constater d'autre part que les lémurs sont très friands de ces insectes, même quand ils sont déjà fortement infestés par les acanthocéphales que les blattes leur transmettent. L'autopsie des lémurs permet d'ailleurs de constater qu'il existe des vers de tout âge dans leur intestin, ce qui établit la coexistence d'infestations récentes et anciennes, et, par conséquent, l'absence de prémunition de l'organisme déjà parasité.

En faisant ingérer des blattes germaniques renfermant des formes larvaires de *Prosthenorchis*, nous avons réussi à infecter, faiblement d'ailleurs, les hôtes nouveaux suivants : un babouin (*Papio papio*), un *Macacus rhesus*, un jeune chat et un hérisson (*Erinaceus europæus*). Deux rats, deux souris, un autre hérisson se sont montrés réfractaires.

Il est peu probable que la blatte germanique soit l'hôte naturel et primitif des *Prosthenorchis* étudiés par nous, car cet insecte qui a envahi, par les bateaux, une grande partie du globe, ne se rencontre pas dans les forêts d'Amérique ou de Madagascar où son rôle doit être rempli par une des nombreuses blattes sylvestres de ces régions tropicales.

Notre enquête au Muséum ne nous a pas permis de savoir par quels animaux ont été introduits les acanthocéphales qui ont tué les lémurs de la ménagerie. Un fait bien établi est que la blatte germanique, abondante à la ménagerie, est devenue, par le plus grand des hasards, un hôte favorable vicariant, ce qui a permis à l'endémie de s'établir.

La prophylaxie de cette épizootie, qui semble enrayée, a consisté à détruire les blattes germaniques par des poudres très actives à base de fluorure ou de fluoro-silicate de sodium, car le traitement des lémuriens malades semble inefficace, pour le moment tout au moins.

Nous avons l'espoir que les nouveaux animaux, pensionnaires de la ménagerie, seront, à la suite de notre étude étiologique et de la destruction des blattes germaniques dont nous avons déterminé le rôle, à l'abri de nouvelles infections.

MICROBIOLOGIE. — *Du cycle évolutif de quelques* Rickettsia. Note de MM. **A. Donatien** et **F. Lestoquard**, présentée par M. Louis Martin.

Nous avons décrit [1] le cycle évolutif de *Rickettsia conjonctivæ :* après l'inoculation expérimentale on voit d'abord dans les cellules épithéliales de la conjonctive de grosses masses arrondies colorées en rouge par un procédé de coloration dérivé de la méthode de Romanowsky. Ces masses se fragmentent pour donner naissance à des corps irréguliers plus petits de même teinte. Ceux-ci se transforment en petites masses composées de très petits grains rouges qui prennent, finalement, la teinte lilas caractéristique des *Rickettsia*.

Au cours de l'étude expérimentale d'une maladie du chien due à *Rickettsia canis*, nous avons assisté à une évolution semblable. L'examen d'étalements de sang prélevé au cours de l'accès aigu et, mieux encore, l'examen d'étalements de sang des vaisseaux méningés et de frottis de foie prélevés sur des chiens sacrifiés à différentes périodes de la maladie expérimentale nous a montré d'abord dans les monocytes des masses pleines, sombres, à reflets pourprés, puis des masses également homogènes de teinte violet foncé et ensuite les agrégats de grains lilas, sortes de morula, caractéristiques de *R. canis*. Dans un dernier stade les grains libérés se disséminaient dans le cytoplasme du monocyte.

---

(1) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1057.

Des images semblables existent dans l'évolution de *R. bovis* et *R. ovina*, agents respectifs d'une infection du bœuf et d'une infection du mouton. Ces deux protistes présentent d'ailleurs, d'étroites ressemblances avec *R. canis*.

De même, dans la heartwater, nous avons pu voir, dans les cellules endothéliales des vaisseaux sanguins, des masses compactes d'un rouge plus ou moins sombre, des plages lilas homogènes, des plages semblables granuleuses et des morula bien nettes. Dans le cytoplasme, nous avons vu ces grains rickettsiens dispersés, qui sont les formes habituellement décrites de *Rickettsia ruminantium*.

Les mêmes images existent dans les cellules endothéliales de la vaginale enflammée de cobayes inoculés de *Rickettsiaconori*, agent de la fièvre boutonneuse humaine : grosses masses rouge foncé, masses semblables divisées en gros fragments, fragments plus petits de couleur foncée et enfin petits éléments rickettsiens.

Bedson et Bland, puis Bland et Canti, par l'examen d'organes de souris inoculées de *Rickettsia psittaci*, agent de la psittacose, et par l'examen de cultures de tissus, ont pu constater que ce protiste subissait une évolution semblable ([2]).

Dans la lymphogranulomatose inguinale humaine, dont Migayawa et ses collaborateurs ont démontré la nature rickettsienne, Ishimitsu a signalé l'existence de grosses masses homogènes parasites des histiocytes, c'est-à-dire des cellules où la *Rickettsia* de Migayawa se présente en d'innombrables grains dispersés de teinte lilas ([3]).

Ces divers ordres de faits permettent de conclure que, pour 8 *Rickettsia*, si différentes par certaines de leurs propriétés (caractère des maladies, espèces d'animales atteintes, mode de transmission, nature des cellules parasitées), les grains terminaux sont l'aboutissement d'un cycle évolutif semblable. Ce fait plaide en faveur de l'homogénéité du genre *Rickettsia*.

A 16h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h25m.

E. P.

([2]) S. P. Bedson and J. D. W. Bland, *Brit. J. Exp. Path.*, 13, 1932, p. 461, et 15, 1934, p. 243; J. D. W. Bland and R. G. Canti, *J. Path. and Bact.*, 40, 1935, p. 231.

([3]) K. Ishimitsu, *Jap. Journ. of Exper. Med.*, 14, 1936, p. 391, et 15, 1937, p. 185.

ERRATA.

—

(Séance du 16 mai 1938.)

Note de M. *Henri Deslandres*, Constante universelle des spectres de bandes. Attribution des raies de la bande à d'autres causes que la rotation de la molécule :

Page 1426, dans le tableau XIV, considérer parmi les 9 dernières colonnes les 4e et 5e colonnes. Pour le titre de la 4e colonne *au lieu de* $d_1/13\times 6$, *lire* $d_1/10\times 6$; et, pour celui de la 5e colonne, *au lieu de* $d_1/10\times 6$, *lire* $d_1/13\times 6$.

Page 1427, qui est la 2e page du tableau, dans les 6 dernières colonnes, les trois premiers nombres q et résidus $11_{+0,8}$, $8{,}5_{-0,4}$ et $7_{-0,4}$ ont été déplacés de la droite vers la gauche de la largeur d'une colonne; les reporter vers la droite de la même quantité.

(Séance du 23 mai 1938.)

Note de *M. Serge Bernstein*, Sur le problème inverse de la théorie de la meilleure approximation des fonctions continues :

Page 1522, ligne 14, il faut ajouter, dans l'énoncé du théorème, $\alpha_{i+1}=\alpha_i$, si $|\alpha_{i+1}|=|\alpha_i|$.